



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

## PENGARUH POLUTAN *FLY ASH* PAITON TERHADAP ISOLATOR KERAMIK YANG DILAPISI SENYAWA SILIKON

Mirza Farhan Prasetyo  
NRP 07111440000074

Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc  
Danar Fahmi S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





TUGAS AKHIR - TE 141599

**PENGARUH POLUTAN *FLY ASH* PAITON TERHADAP  
ISOLATOR KERAMIK YANG DILAPISI SENYAWA  
SILIKON**

Mirza Farhan Prasetyo  
NRP 0711144000074

Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc  
Daniar Fahmi S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

## EFFECTS OF PAITON'S FLY ASH POLLUTANT ON CERAMIC INSULATOR COATED WITH SILICON COMPOUND

Mirza Farhan Prasetyo  
NRP 0711144000074

Supervisors

Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc  
Daniar Fahmi S.T., M.T.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tugas akhir saya dengan judul **“PENGARUH POLUTAN FLY ASH PAITON TERHADAP ISOLATOR KERAMIK YANG DI LAPISI SENYAWA SILIKON”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2018



Mirza Farhan Prasetyo  
07111440000074

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**PENGARUH POLUTAN FLY ASH PAITON TERHADAP  
ISOLATOR KERAMIK YANG DILAPISI SENYAWA SILIKON**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**

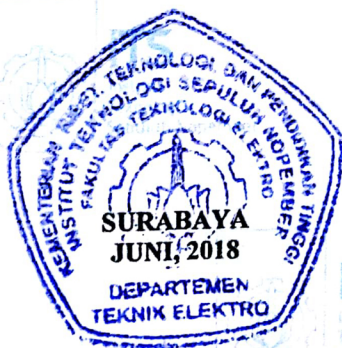
**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc**  
**NIP. 197007121998021001**



**Daniar Fahmi S.T., M.T.**  
**NIP. 198909252014041002**



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **PENGARUH POLUTAN *FLY ASH* PAITON TERHADAP ISOLATOR KERAMIK YANG DILAPISI SENYAWA SILIKON**

Nama mahasiswa : Mirza Farhan Prasetyo  
Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc  
Dosen Pembimbing II : Daniar Fahmi S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Limbah dari pembakaran batubara di PLTU Paiton menghasilkan abu terbang (*fly ash*) yang dapat mengotori peralatan tegangan tinggi disekitar PLTU Paiton. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh polutan *fly ash* Paiton terhadap isolator keramik yang dilapisi senyawa silikon. Pengujian dilakukan didalam sebuah lemari uji dengan mengatur kelembaban udara didalamnya. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu isolator divariasikan menjadi isolator yang dilapisi silikon dengan yang tidak dilapisi silikon. Kemudian keduanya diberikan polutan *fly ash* Paiton dengan bobot 50 gram dan 150 gram. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian arus bocor isolator dan pengujian tegangan *flashover* isolator. Pengujian arus bocor menggunakan metode *step voltage* dan pengujian *flashover* menggunakan metode *short time test*. Hasil pengujian arus bocor adalah polutan dengan bobot polutan paling besar yang menempel pada permukaan isolator akan membuat arus bocor isolator lebih besar dibandingkan dengan arus bocor pada isolator dengan bobot polutan yang lebih sedikit. Pelapisan silikon pada isolator membuat nilai arus bocor isolator akan lebih kecil dibandingkan dengan isolator tanpa pelapisan silikon pada tingkat bobot polutan yang sama. Pada pengujian *flashover*, isolator dengan silikon maupun isolator tanpa silikon belum menunjukkan adanya fenomena *flashover* pada tegangan >80 kV. Namun pada tegangan 40 kV hingga 80 kV terlihat kenaikan arus bocor akibat pengaruh kenaikan tegangan dan juga pada pengujian dengan kelembaban 80% menghasilkan arus bocor yang lebih besar dibandingkan pengujian dengan kelembaban 50%.

**Kata kunci:** Arus Bocor, *Fly ash*, Isolator Keramik, NSDD, Senyawa Silikon, dan Tegangan *Flashover*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ***EFFECTS OF PAITON'S FLY ASH POLLUTANT ON CERAMIC INSULATOR COATED WITH SILICON COMPOUND***

Student Name : Mirza Farhan Prasetyo  
Supervisor I : Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc  
Supervisor II : Daniar Fahmi S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

The waste generated by coal combustion in the Paiton Power Plant produces fly ash which can contaminate high voltage equipment around the Paiton power plant. Therefore, a research was conducted to determine the effect of Paiton fly ash pollutants on ceramic insulators coated with silicon compounds. The test is done inside a test chamber by adjusting the humidity inside. Prior to testing, firstly insulators varies into silicon-coated insulator and non silicone-coated insulator. Then, both are given Paiton fly ash pollutants with a weight of 50 grams and 150 grams. The research is the testing of leakage current of insulator and flashover voltage of insulator test. Leakage current test using step voltage method and flashover test using short time test method. Leakage current test results are the pollutants with the largest pollutant weight attached to the insulator surface will make the leakage current of the insulator is greater than the leakage current on the insulator with less pollutant weight. The silicon coating on the insulator makes the insulator leakage current value smaller than the insulator without silicone coating at the same level of pollutant weight. In flashover testing, silicone insulator and isolator without silicon have not shown flashover phenomenon at > 80 kV. However, at a voltage of 40 kV to 80 kV, a rise in the leakage current due to the effect of the voltage rise and also on the test with 80% humidity produces a larger leakage current than the 50% humidity test.

**Key Word: Ceramic Insulators, Flashover Voltage, Fly ash, Leakage Current, NSDD, and Silicon Grease**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat, Karunia, dan Petunjuk yang telah dilimpahkan-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“PENGARUH POLUTAN *FLY ASH* PAITON TERHADAP ISOLATOR KERAMIK YANG DILAPISI SENYAWA SILIKON”**.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia dan petunjuk-Nya.
2. Ibu dan Bapak penulis atas doa dan cinta yang tak henti pada penulis dalam keadaan apapun. Semoga Allah SWT senantiasa melindungi dan memberi mereka tempat terbaik kelak di surgaNya.
3. Bapak Dr. Eng. I Made Yulistya Negara S.T., M.Sc dan bapak Daniar Fahmi S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan perhatiannya selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. M. Syah Rheza selaku teman seperjuangan selama proses pengerjaan tugas akhir ini yang telah banyak membantu, mendukung, dan memberikan saran agar tugas akhir ini dapat diselesaikan.
5. Teman-teman asisten Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro ITS yang sangat membantu dan kooperatif selama pengujian untuk pengambilan data tugas akhir.
6. PT. PJB UP Paiton Unit 9 yang telah bersedia untuk memberikan fasilitas dalam pengambilan data untuk pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha maksimal dalam penyusunan tugas akhir ini. Namun tetap besar harapan penulis untuk menerima saran dan kritik untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikat manfaat yang luas.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	v
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	7
2.1 Kajian Penelitian Terkait	7
2.2 Pembangkitan Tegangan Tinggi AC	7
2.2.1 Trafo Uji Tegangan Tinggi	7
2.2.2 Rangkaian Resonansi Seri	10
2.2.3 Rangkaian Resonansi Paralel	11
2.3 Isolator	12
2.4 Kegagalan Elektris Isolator	14
2.5 Kegagalan Mekanis Isolator	14
2.6 Isolator Terpolusi	15
2.6.1 Tingkat Bobot Polusi Isolator	15
2.6.2 <i>Fly ash</i> Paiton	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	19
3.1 Persiapan Alat dan Bahan	20
3.1.1 Lemari Uji ( <i>Chamber</i> )	20
3.1.2 Tabung Kompresor Air	22
3.1.3 <i>Fly ash</i> Paiton	23
3.1.4 Isolator Pin-post 20kV	24
3.1.5 Senyawa Silikon	24

3.2	Pengotoran Isolator dan Pelapisan Isolator dengan Pasta Silikon .....	25
3.3	Pre-kondisi Kelembaban dan Suhu Udara didalam Lemari Uji ( <i>Chamber</i> ).....	26
3.4	Rangkaian Pengujian Isolator .....	26
3.5	Pengujian Arus Bocor Isolator.....	28
3.6	Pengujian Tegangan <i>Flashover</i> Isolator .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>31</b>
4.1	Pengujian Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon .....	31
4.1.1	Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	31
4.1.2	Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% .....	33
4.1.3	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	35
4.1.4	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	37
4.1.5	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	38
4.1.6	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	40
4.1.7	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	41
4.2	Pengujian Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon.....	43
4.2.1	Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	43
4.2.2	Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% .....	45
4.2.3	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	47
4.2.4	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	49
4.2.5	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	50
4.2.6	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	52
4.2.7	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	53

4.3	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon .....	55
4.3.1	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	55
4.3.2	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 10 Kv .....	56
4.3.3	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	58
4.3.4	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	59
4.3.5	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	61
4.4	Pengujian <i>Flashover</i> dengan Kelembaban 50% .....	62
4.4.1	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon .....	63
4.4.2	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator dengan Pelapisan Silikon .....	63
4.5	Pengujian <i>Flashover</i> dengan Kelembaban 80% .....	65
4.5.1	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80% .....	66
4.5.2	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator dengan Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80% .....	67
4.6	Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Isolator .....	69
4.6.1	Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Isolator Tanpa Pelapisan Silikon .....	70
4.6.2	Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Isolator dengan Pelapisan Silikon .....	71
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		73
5.1	Kesimpulan .....	73
5.2	Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		75
<b>LAMPIRAN</b> .....		77
<b>BIODATA PENULIS</b> .....		81

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Rangkaian Trafo Uji Satu Tingkat .....	9
<b>Gambar 2.2</b>	Trafo Uji Bertingkat .....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Rangkaian Resonansi Seri .....	11
<b>Gambar 2.4</b>	Rangkaian Resonansi Paralel .....	12
<b>Gambar 2.5</b>	(a) Isolator Keramik, (b) Isolator Polimer, dan (c) Isolator Gelas .....	13
<b>Gambar 3.1</b>	Skema Penulisan Tugas Akhir .....	19
<b>Gambar 3.2</b>	Lemari Uji ( <i>Chamber</i> ); (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Belakang .....	21
<b>Gambar 3.3</b>	Tabung Kompresor Air .....	22
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Mist Maker</i> .....	22
<b>Gambar 3.5</b>	Pengambilan <i>Flyash</i> pada ESP PLTU Paiton .....	23
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Flyash</i> Paiton .....	23
<b>Gambar 3.7</b>	Isolator Pin-post 20 kV .....	24
<b>Gambar 3.8</b>	Pasta Silikon .....	25
<b>Gambar 3.9</b>	Isolator Berpolutan <i>Flyash</i> .....	26
<b>Gambar 3.10</b>	Rangkaian Pengujian Isolator .....	27
<b>Gambar 3.11</b>	Ilustrasi Rangkaian Pengujian Isolator .....	28
<b>Gambar 3.12</b>	DAQ NI 9426 .....	29
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	33
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	35
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	36
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	38
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	39
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	41

<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	42
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	45
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% .....	47
<b>Gambar 4.10</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	48
<b>Gambar 4.11</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	50
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	51
<b>Gambar 4.13</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	53
<b>Gambar 4.14</b>	Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	54
<b>Gambar 4.15</b>	Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	56
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	57
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	59
<b>Gambar 4.18</b>	Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	60
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	62
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik Perbedaan Hasil Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 50% .....	64

<b>Gambar 4.21</b>	Grafik Perbedaan Hasil Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Dilapisi Silikon dengan Kelembaban 50% .....	65
<b>Gambar 4.22</b>	Grafik Perbedaan Hasil Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80% .....	67
<b>Gambar 4.23</b>	Grafik Perbedaan Hasil Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator yang Dilapisi Silikon dengan Kelembaban 80% .....	69
<b>Gambar 4.24</b>	Grafik Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Isolator Tanpa Pelapisan Silikon .....	70
<b>Gambar 4.25</b>	Grafik Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Isolator dengan Pelapisan Silikon .....	71

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Tingkat Polusi Isolator.....	16
<b>Tabel 2.2</b>	Kandungan <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> Paiton.....	17
<b>Tabel 3.1</b>	Variasi Ketebalan Polutan <i>Fly Ash</i> .....	25
<b>Tabel 3.2</b>	Spesifikasi Peralatan Pembangkitan Tegangan Tinggi AC.....	27
<b>Tabel 4.1</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	32
<b>Tabel 4.2</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% (Lanjutan) .....	32
<b>Tabel 4.3</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% .....	34
<b>Tabel 4.4</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% (Lanjutan) .....	34
<b>Tabel 4.5</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 5 kV.....	36
<b>Tabel 4.6</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 10 kV.....	37
<b>Tabel 4.7</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 15 kV.....	39
<b>Tabel 4.8</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 20 kV.....	40
<b>Tabel 4.9</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 25 kV.....	42
<b>Tabel 4.10</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% .....	44
<b>Tabel 4.11</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% (Lanjutan) .....	44
<b>Tabel 4.12</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% .....	46

<b>Tabel 4.13</b>	Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% (Lanjutan) .....	46
<b>Tabel 4.14</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	48
<b>Tabel 4.15</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	49
<b>Tabel 4.16</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	51
<b>Tabel 4.17</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	52
<b>Tabel 4.18</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	54
<b>Tabel 4.19</b>	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 5 kV .....	55
<b>Tabel 4.20</b>	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 10 kV .....	57
<b>Tabel 4.21</b>	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 15 kV .....	58
<b>Tabel 4.22</b>	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 20 kV .....	60
<b>Tabel 4.23</b>	Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 25 kV .....	61
<b>Tabel 4.24</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 50% .....	63
<b>Tabel 4.25</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Dilapisi Silikon dengan Kelembaban 50% .....	64
<b>Tabel 4.26</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80% .....	66

<b>Tabel 4.28</b>	Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian <i>Flashover</i> Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80% .....	68
-------------------	---	----

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

PLTU Paiton merupakan salah satu pembangkit tenaga listrik terbesar di Indonesia yang menyediakan listrik untuk pulau Jawa hingga Bali. Sebagai PLTU terbesar di Indonesia, PLTU Paiton tidak menggunakan bahan bakar minyak sebagai bahan bakarnya, tetapi menggunakan batubara yang merupakan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Akibat dari penggunaan batubara sebagai bahan bakarnya tersebut, PLTU Paiton menghasilkan gas buang sisa yang dapat mencemari udara di lingkungan sekitarnya. Gas buang sisa berupa abu yang dihasilkan bisa mencapai 500-1000 ton per hari [1]. Abu yang dihasilkan ini biasa disebut dengan *fly ash*.

Polutan *fly ash* tersebut dapat mengotori peralatan listrik yang ada disekitar PLTU Paiton jika tidak dilakukan pembersihan secara berkala. Salah satu peralatan listrik yang dapat terkontaminasi oleh polutan *fly ash* ini adalah isolator. Isolator pada peralatan listrik berfungsi untuk menahan konduktor pada tegangan tinggi dan juga sebagai pemisah untuk mencegah mengalirnya arus dari penghantar ke tanah atau ke menara penopang saluran udara. Polutan *fly ash* yang mengotori permukaan isolator ini dapat membuat permukaan isolator bersifat konduktif sehingga akan timbul arus bocor yang melewati permukaan isolator. Adanya arus bocor ini akan menyebabkan pemanasan lapisan pengotor. Pada bagian yang konsentrasi arusnya lebih tinggi akan terbentuk pita kering. Pada kondisi tegangan tertentu terjadi peluahan muatan yang melewati pita kering yang dapat menimbulkan munculnya busur api. Busur api akibat peluahan muatan dapat bertambah panjang sehingga terjadi peristiwa lewat denyar pada isolator. Akibat dari fenomena ini adalah dapat mengurangi umur kinerja dari isolator tersebut.

Untuk mengatasi atau mengurangi pengaruh pengotoran isolator oleh polutan ini, ada beberapa cara yang dapat dilakukan diantaranya pemilihan desain isolator berdasarkan daerah operasi, pembersihan isolator secara berkala, dan pelapisan isolator dengan suatu material tertentu. Material yang dapat digunakan untuk melapisi isolator adalah senyawa silikon. Senyawa silikon dipilih karena memiliki sifat tahan air,

kekuatan dielektrik yang tinggi, dan dapat digunakan pada temperatur rendah dan tinggi.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas tentang pengaruh polutan *fly ash* PLTU Paiton terhadap isolator keramik yang dilapisi senyawa silikon. Pengotoran isolator oleh polutan *fly ash* akan dilakukan sesuai dengan standar IEC 815, dimana ketebalan lapisan pengotor terbagi menjadi empat yaitu ringan, sedang, berat, dan sangat berat. Isolator akan diuji menggunakan metode pengkabutan polutan *fly ash* didalam sebuah lemari penguji (*test chamber*) yang berukuran (1x1x1,2) m yang terbuat dari bahan fiber. Sedangkan pada bagian muka diberi akrilik tembus pandang dengan ukuran 2 mm. Pada pengujian ini akan diamati arus bocor yang melewati isolator dengan pelapisan dan tanpa pelapisan senyawa silikon untuk membandingkan pengaruh polutan terhadap isolator tersebut.

## **1.2 Permasalahan**

Masalah yang akan diteliti pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana memprekondisikan pengujian arus bocor dan tegangan *flashover* isolator pada isolator keramik?
2. Bagaimana perbandingan nilai arus bocor isolator keramik yang belum dilapisi senyawa silikon dengan yang sudah dilapisi senyawa silikon?
3. Bagaimana pengaruh polutan *fly ash* Paiton terhadap tegangan *flashover* isolator yang dilapisi silikon dan isolator yang tidak dilapisi silikon?
4. Bagaimana pengaruh kelembaban tegangan *flashover* isolator yang dilapisi silikon dan isolator yang tidak dilapisi silikon?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui cara prekondisi pengujian arus bocor dan tegangan *flashover* isolator pada isolator keramik.
2. Mengetahui perbandingan nilai arus bocor isolator keramik sebelum dan sesudah dilapisi pasta silikon.
3. Mengetahui pengaruh polutan *fly ash* Paiton terhadap tegangan *flashover* isolator yang dilapisi silikon dan isolator yang tidak dilapisi silikon.

4. Mengetahui pengaruh kelembaban tegangan *flashover* isolator yang dilapisi silikon dan isolator yang tidak dilapisi silikon.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan-batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Isolator keramik yang digunakan adalah isolator tipe *pin-post*.
2. Pengamatan yang dilakukan adalah pengamatan arus bocor dan tegangan *flashover* pada isolator keramik.
3. Senyawa silikon yang digunakan adalah pasta silikon yang diambil dari PLTU UP Paiton.
4. Polutan *fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU UP Paiton.

#### **1.5 Metodologi**

Metodologi yang digunakan dalam menyusun penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka  
Studi pustaka yang dilakukan berupa pengumpulan referensi yang dilakukan untuk mencari definisi, pengertian, dan semua tulisan yang berhubungan dengan tugas akhir ini. Beberapa kata kunci yang bisa disebutkan untuk studi literatur ini seperti isolator keramik, arus bocor, senyawa silikon dan sebagainya. Dari literatur-literatur yang didapat ini, nantinya diadopsi sebagian isinya sebagai pendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Persiapan Alat dan Bahan  
Setelah pengumpulan dan studi literatur terlaksanakan, selanjutnya adalah persiapan segala hal yang dibutuhkan untuk penulisan tugas akhir ini. Hal-hal yang harus disiapkan untuk penulisan tugas akhir ini adalah peralatan-peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian seperti lemari penguji (*test chamber*) serta bahan yang akan diuji yaitu isolator keramik, polutan *fly ash*, dan juga senyawa silikon.
3. Pengujian dan Pengambilan Data  
Setelah alat dan bahan sudah siap, akan dilakukan pengujian dan pengambilan data arus bocor dan tegangan *flashover* pada isolator keramik tanpa pelapisan senyawa silikon dan dengan pelapisan senyawa silikon yang diberi polutan *fly ash* didalam

sebuah lemari pengujian (*test chamber*) dengan suhu dan kelembaban yang terkontrol.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh polutan *fly ash* paiton terhadap isolator yang tidak dilapisi senyawa silikon dan dengan dilapisi senyawa silikon terhadap waktu terjadinya arus bocor dan tegangan *flashover*. Data yang diperoleh dari pengambilan data akan dianalisis dan dibandingkan satu sama lain.

5. Penyusunan Laporan

Setelah selesai melakukan pengolahan data, akan ditarik sebuah kesimpulan mengenai pengaruh polutan *fly ash* Paiton terhadap waktu terjadinya arus bocor pada isolator keramik dengan pelapisan senyawa silikon dan tanpa pelapisan senyawa silikon. Semua langkah yang telah dilakukan nantinya akan disusun dalam laporan tugas akhir.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

### **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika pembahasan, dan relevansi.

### **BAB II : Tinjauan Pustaka**

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang penyusunan tugas akhir ini.

### **BAB III : Pengukuran Arus Bocor dan Tegangan *Flashover***

Bab ini berisi tentang pengambilan data arus bocor dan tegangan *flashover* pada isolator keramik dengan pelapisan dan tanpa pelapisan senyawa silikon yang diuji didalam lemari pengujian (*test chamber*) serta diberi polutan *fly ash* Paiton.

### **BAB IV : Hasil Pengujian dan Analisis Data**

Bab ini membahas hasil pengujian yang telah dilakukan dan analisis dari hasil pengujian tersebut.

### **BAB V : Penutup**



Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah dilakukan.

### **1.7 Relevansi**

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Menjadi referensi dalam pemeliharaan isolator keramik menggunakan senyawa silikon.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa dan industri untuk melakukan pengembangan dan penelitian lanjutan mengenai pengaruh pelapisan senyawa silikon terhadap isolator.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Penelitian Terkait**

Penelitian tentang pengaruh pelapisan senyawa silikon terhadap isolator sebelumnya sudah dilakukan oleh Suwarno yang berjudul *Aging of Silicone Compound Coatings on Ceramic Insulators Under Artificial Tropical Climate* pada *Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena* tahun 1999 di Bandung [2]. Penelitian tersebut menjelaskan tentang pengaruh dan analisis akselerasi umur pelapisan senyawa silikon pada isolator keramik dengan mengontrol suhu, kelembaban dan polutan. Dari pengujian tersebut disimpulkan bahwa pelapisan senyawa silikon pada isolator keramik dapat menekan arus bocor dibawah kondisi terpolusi. Selain itu, sifat hidrofobik dari isolator menjadi lebih baik dan arus bocor yang melewati permukaan isolator cenderung tetap konstan.

#### **2.2 Pembangkitan Tegangan Tinggi AC**

Pembangkitan tegangan tinggi AC untuk pengujian sistem isolasi peralatan-peralatan tegangan tinggi pada umumnya menggunakan sebuah trafo uji satu fasa. Selain menggunakan trafo uji, pembangkitan tegangan tinggi AC untuk pengujian sistem isolasi peralatan juga bisa menggunakan rangkaian resonansi. Pengujian peralatan pada jaringan tegangan tinggi diuji dengan tegangan dua sampai lima kali lipat tergantung dari tegangan operasinya. Pengujian peralatan tegangan tinggi tersebut bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan, proses penuaan, dan memperkirakan umur peralatan jika digunakan pada tegangan operasinya.

##### **2.2.1 Trafo Uji Tegangan Tinggi**

Trafo yang digunakan pada uji tegangan tinggi merupakan trafo satu fasa. *Rating* dari trafo uji tersebut disesuaikan dengan peralatan tegangan tinggi yang umumnya bersifat kapasitif. *Rating* nominal untuk perancangan dapat dicari menggunakan Persamaan (1).

$$P_n = k V_n^2 \omega C_t \quad (1)$$

Dimana:

$P_n$  = Daya rating nominal (Watt)

$k$  = Faktor dimensi (tidak lebih dari 2)

$V_n$  = Tegangan rms (*root mean square*) nominal suplai tegangan uji

$C_t$  = Kapasitas benda uji

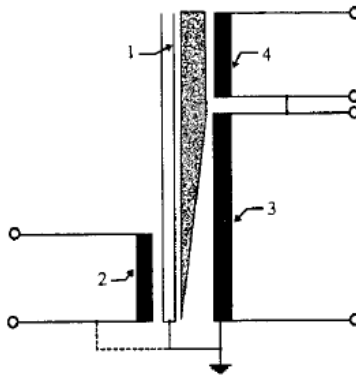
Dikarenakan banyaknya variasi dari kapasitansi benda uji, Faktor  $k$  harus memiliki toleransi tertentu yang bisa menyebabkan kelebihan rancang trafo. Selain itu juga faktor  $k$  harus mempertimbangkan kapasitansi tambahan dari seluruh rangkaian uji dan faktor keamanan seperti tambahan kapasitansi dari elektrode tegangan tinggi, konduktor antara benda uji, sumber tegangan, dan lain-lain.

Trafo uji tidak digunakan untuk operasi dalam waktu yang panjang karena panas lebih belitan tegangan rendah yang disebabkan oleh beban. Sedangkan pada belitan tegangan tinggi dibuat dengan ukuran yang lebih besar karena faktor mekanis dan jarang mengalami panas berlebih. Trafo uji tegangan tinggi dilengkapi dengan peralatan pengaman arus lebih agar tahan terhadap arus lebih akibat hubung singkat sesaat. Hubung singkat pada sisi sekunder tidak menyebabkan kerusakan mekanis pada belitan karena gaya magnet yang timbul akibat arus hubung singkat sangat kecil [3]. Karena penggunaannya yang dioperasikan dalam waktu singkat, trafo uji tegangan tinggi tidak bermasalah dengan pendinginan. Trafo uji tegangan tinggi menggunakan frekuensi yang sesuai dengan frekuensi benda uji. Untuk pengujian trafo digunakan frekuensi rendah untuk menghindari saturasi inti besi. Belitan tegangan tinggi umumnya dapat diisolasi dengan beberapa 100 kV, sehingga untuk tegangan yang lebih tinggi digunakan rangkaian trafo bertingkat (*cascade*).

#### **2.2.1.1 Rangkaian Satu Tingkat**

Rangkaian satu tingkat, trafo hanya terdiri dari satu buah inti besi yang memiliki fluks utama bersama. Pada Gambar 2.1 trafo memiliki inti besi yang diketanahkan (1), belitan primer (2) yang diletakkan antara inti

dan belitan sekunder (3), dan belitan transfer (4) yang memiliki jumlah yang sama dengan belitan primer. Belitan transfer terletak pada potensial sekunder yang tidak diperlukan jika trafo dioperasikan pada rangkaian satu tingkat tetapi digunakan pada rangkaian bertingkat.



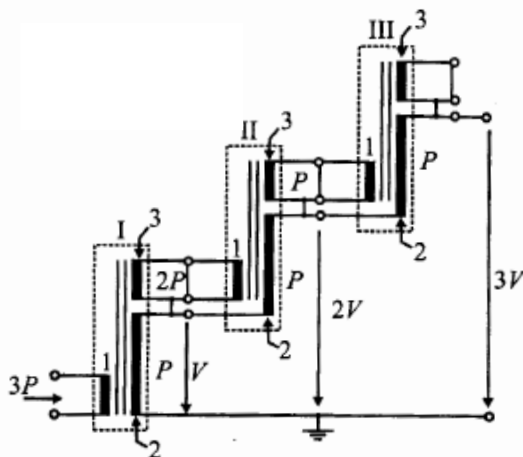
**Gambar 2.1** Rangkaian Trafo Uji Satu Tingkat

Terdapat dua jenis konstruksi rangkaian satu tingkat ini, ada konstruksi rangkaian satu tingkat yang menggunakan bushing, dan ada yang tidak menggunakan bushing. Kontruksi yang menggunakan bushing mempunyai permukaan lebih luas dan mengakibatkan disipasi panas yang lebih. Akan tetapi membuat dimensi nya menjadi besar sehingga diperlukan ruangan yang lebih tinggi. Pada konstruksi yang tidak menggunakan bushing, mengakibatkan disipasi panasnya kurang baik karena terisolasi mantel. Akan tetapi tidak membutuhkan ruangan yang tinggi. Kontruksi tanpa bushing biasanya digunakan untuk rangkaian bertingkat (*cascade*).

#### **2.2.1.2 Rangkaian Bertingkat (Cascade)**

Pada trafo dengan tegangan luaran lebih dari 800 kV digunakan rangkaian bertingkat. Keuntungan menggunakan rangkaian bertingkat adalah berat keseluruhan peratan uji akan terbagi menjadi unit-unit tunggal sehingga memudahkan dalam hal pemindahannya.

Rangkaian trafo uji bertingkat dapat dilihat pada Gambar 2.2. Prinsip kerja dari rangkaian bertingkat ini adalah suplai tegangan rendah dihubungkan dengan belitan primer (1) trafo uji I yang menghasilkan tegangan  $V$ , seperti dua trafo lainnya. Belitan transfer (3) yang berfungsi sebagai belitan eksitasi untuk tingkat berikutnya menyuplai bagian primer dari unit trafo uji II. Belitan sekunder (2) kedua unit terhubung seri, sehingga menghasilkan tegangan  $2V$ . Proses unit III sama dengan proses unit II.

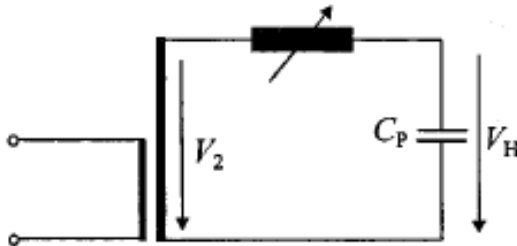


**Gambar 2.2** Trafo Uji Bertingkat

### 2.2.2 Rangkaian Resonansi Seri

Pemakaian rangkaian resonansi seri digunakan untuk pengujian peralatan tegangan tinggi dengan kapasitansi besar sehingga perlu daya nominal yang besar (lebih dari 10 MVA). Rangkaian resonansi seri harus memiliki regulator induktansi yang halus tanpa tingkatan agar mampu memenuhi syarat resonansi untuk berbagai kapasitansi beban. Rangkaian resonansi seri secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.3. Rangkaian resonansi mempunyai keuntungan yaitu:

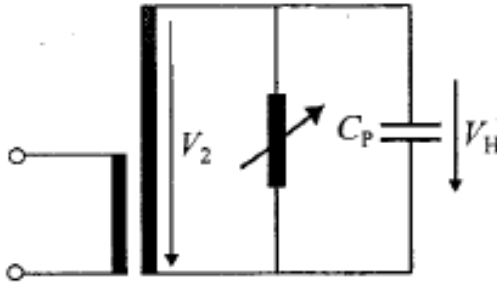
1. Rangkaian resonansi memiliki tegangan output eksitasi pada trafo yang sangat kecil.
2. Bentuk tegangan tidak mengandung harmonisa
3. Apabila terjadi kegagalan pada benda uji, rangkaian resonansi akan putus, sehingga arus hubung singkat relatif kecil dan kerusakan benda uji dapat diminimalisir
4. Induktansi variabel dapat direalisasikan dengan reaktor yang inti besinya dapat digerakkan
5. Reaktor tegangan tinggi dengan daya yang sama mempunyai ukuran lebih ringan dan kecil dibandingkan trafo uji.



**Gambar 2.3** Rangkaian Resonansi Seri

### 2.2.3 Rangkaian Resonansi Paralel

Perbedaan rangkaian resonansi paralel dengan rangkaian resonansi seri adalah pada rangkaian resonansi paralel terdapat sebuah transformator tegangan tinggi sebagai sumber tegangan. Selain itu trafo juga digunakan untuk mengatasi kerugian rangkaian resonansi paralel. Rangkaian resonansi paralel disebut juga sebagai rangkaian kompensasi. Pada rangkaian ini tidak harus dalam keadaan resonansi, karena bergantung pada trafo uji setidaknya telah dibangkitkan daya buta. Kompensasi dapat diperoleh menggunakan reaktor dengan induktansi tetap. Sehingga kesulitan untuk membuat reaktor dengan induktansi variabel dapat teratasi. Secara sederhana rangkaian resonansi paralel dapat diilustrasikan dalam Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Rangkaian Resonansi Paralel

### 2.3 Isolator

Pada instalasi tenaga listrik tegangan tinggi, isolator digunakan untuk memisahkan bagian konduktor yang memiliki perbedaan potensial, baik konduktor dengan konduktor maupun konduktor dengan peralatan yang terhubung ke tanah. Salah satu fungsi isolator pada jaringan distribusi adalah sebagai penggantung atau penopang konduktor. Berdasarkan lokasi pemasangan, isolator terbagi menjadi isolator pasangan dalam dan isolator pasangan luar. Perbedaan dari keduanya adalah isolator pasangan luar dibuat dengan sirip yang lebih panjang dibandingkan dengan isolator pasangan dalam untuk mencegah terbentuknya jembatan air apabila isolator dibasahi oleh air hujan. Berdasarkan fungsi, isolator terdiri dari isolator pendukung dan isolator gantung. Isolator pendukung terbagi menjadi isolator pin, isolator post, dan isolator pin-post. Isolator pin digunakan pada saluran tegangan menengah pada tiang dengan sudut kecil. Isolator post memiliki desain yang lebih sederhana dibandingkan isolator pin karena digunakan untuk pasangan dalam. Isolator pin-post digunakan pada tiang yang memiliki gaya tekuk. Pada isolator gantung, isolator hanya terdiri dari satu piringan yang disusun berbentuk rantai serta memiliki tanduk busur untuk mencegah busur api akibat *flashover* tidak merambat di permukaan isolator.





(a)



(b)



(c)

**Gambar 2.5** (a) Isolator Keramik, (b) Isolator Polimer, dan (c) Isolator Gelas

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.5, bahan pembuatan isolator ada tiga macam, yaitu keramik, gelas, dan polimer. Isolator keramik memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi namun kekuatannya akan berkurang apabila tebal keramik bertambah akibat medan listriknya semakin tidak seragam. Kekuatan mekanis isolator keramik tinggi apabila memikul beban tekan, tetapi memburuk jika memikul beban tekuk dan beban tarik. Isolator gelas memiliki karakteristik elektrik dan karakteristik mekanik yang mirip dengan isolator keramik. Namun karakteristik tersebut sangat dipengaruhi oleh kandungan alkali yang ada di isolator gelas tersebut. Kandungan alkali ini akan membuat sifat higroskopis pada permukaan isolator bertambah sehingga konduktivitasnya juga akan bertambah. Hal ini dapat membuat isolator gelas lebih buruk dibandingkan isolator keramik. Isolator polimer memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan isolator keramik dan isolator gelas. Keunggulan tersebut diantaranya adalah bobotnya

yang ringan sehingga mudah dibawa dan dipasang, sifat hidrofobik yang baik sehingga dapat mengurangi pengaruh arus bocor akibat polutan yang terbawa air, dan tidak mudah pecah karena bahannya yang terbuat dari karet silikon.

## **2.4 Kegagalan Elektris Isolator**

Fungsi dari isolator adalah membentuk suatu sistem isolasi untuk memisahkan konduktor yang bertegangan dengan kerangka penyangga yang diketanahkan. Ada dua penyebab gagalnya sistem isolasi pada isolator yaitu terjadinya tembus listrik pada udara disekitar permukaan isolator atau disebut peristiwa lewat-denyar (*flashover*) dan terjadinya tembus listrik pada isolator yang dapat membuat isolator mengalami kerusakan mekanik atau yang disebut dengan peristiwa *breakdown*.

Peristiwa *flashover* merupakan kegagalan elektrik yang disebabkan kondisi lingkungan. Kegagalan ini berpengaruh pada permukaan isolator yang dapat mengalami pemanasan. Pemanasan tersebut disebabkan oleh adanya busur api yang juga dapat menimbulkan hubung singkat fasa ke tanah. Adanya pemanasan pada permukaan isolator ini secara terus menerus juga dapat mempercepat penuaan dan terbentuknya jejak erosi (*tracking*). Hal tersebut-lah yang membuat perancangan isolator yang memperhatikan tegangan tembusnya agar lebih tinggi daripada tegangan *flashover*. Sehingga kekuatan dielektrik suatu isolator dapat diperkirakan melalui tiga karakteristik dasar isolator, yaitu: tegangan *flashover* bolak-balik pada keadaan kering, tegangan *flashover* bolak-balik pada keadaan basah, dan karakteristik tegangan waktu impuls standar. Tegangan *flashover* bolak-balik berguna untuk memperkirakan kekuatan dielektrik isolator saat dilewati tegangan lebih internal, sedangkan karakteristik tegangan waktu impuls berguna untuk memperkirakan kekuatan dielektrik isolator saat dilewati tegangan lebih impuls petir.

## **2.5 Kegagalan Mekanis Isolator**

Kekuatan mekanis suatu isolator dapat ditentukan dengan pembebanan pada isolator secara bertahap hingga isolator rusak. Kekuatan mekanis isolator dapat dinyatakan dalam tiga jenis yaitu

kekuatan tarik, kekuatan tekan dan kekuatan tekuk isolator. Apabila menggunakan isolator hantaran udara, maka kekuatan mekanis isolator yang ditentukan adalah kekuatan tarik dan dapat memikul berat konduktor. Kekuatan mekanis isolator dapat diartikan sebagai beban mekanis terendah yang membuat isolator mengalami tembus listrik. Adanya tembus listrik dapat ditandai dengan hubungan listrik yang terputus pada trafo uji yang digunakan untuk mencatu tegangan pada isolator.

## **2.6 Isolator Terpolusi**

Isolator jenis pasangan luar akan lebih cepat terpolusi oleh polutan yang terbawa oleh udara dibandingkan dengan isolator jenis pasangan dalam. Polutan yang menumpuk pada permukaan isolator dapat mempengaruhi kinerja dari isolator tersebut. Polutan yang terbawa oleh udara tersebut dapat membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan isolator. Lapisan tipis tersebut bersifat konduktif dan dapat mengakibatkan mengalirnya arus bocor pada permukaan isolator. Arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator akan menimbulkan panas yang dapat mengeringkan lapisan polutan dan akan terbentuk pita kering (*dry band*). Akibat dialiri arus bocor secara terus-menerus, pada tegangan tertentu dapat menyebabkan adanya pelepasan muatan yang melintasi pita kering. Pelepasan muatan ini dapat mengakibatkan munculnya busur api yang dapat bertambah panjang secara berangsur-angsur sehingga terjadilah peristiwa lewat denyar (*flashover*) pada isolator.

### **2.6.1 Tingkat Bobot Polusi Isolator**

Tingkat bobot polusi isolator seperti terlihat pada Tabel 2.1, menurut standar IEC 815, berdasarkan analisis kualitatif dari kondisi lingkungan terbagi atas empat kategori yaitu ringan, sedang, berat, dan sangat berat [4]. Untuk menghitung kepadatan atau bobot polutan yang menempel pada permukaan isolator digunakan metode *Nonsoluble Deposit Density* (NSDD). Metode ini mengukur kepadatan atau bobot polutan yang tidak larut pada permukaan isolator. Pengukuran bobot polutan ini dilakukan dengan cara menghitung selisih antara berat kertas saring berpolutan dengan berat kertas saring bersih (tanpa polutan)

kemudian dibagi dengan luas permukaan isolator. Sehingga persamaan metode NSDD dapat dituliskan kedalam Persamaan (2).

$$NSDD = \frac{M_2 - M_1}{A_{ins}} \quad (2)$$

Dimana:

NSDD = *Nonsoluble Deposit Density*, g/cm<sup>2</sup>

M<sub>1</sub> = Massa kertas saring bersih (tanpa polutan), mg

M<sub>2</sub> = Massa kertas saring berpolutan, mg

A<sub>ins</sub> = Luas permukaan isolator tempat pengambilan sampel polutan, cm<sup>2</sup>

**Tabel 2.1** Tingkat Polusi Isolator

No.	Ketebalan Lapisan Polusi	Ciri Lingkungan
1	Ringan	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kawasan Pertanian</li> <li>– Kawasan Pegunungan</li> <li>– Kawasan Pemukiman dengan intensitas angin dan/atau hujan tinggi</li> </ul> (Semua kawasan yang terletak minimal 10-20 km dari laut dan tidak terkena hembusan angin langsung dari laut)
2	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kawasan industri</li> <li>– Kawasan yang terkena angin laut tetapi tidak terlalu dekat dengan pantai</li> </ul>
3	Berat	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kawasan padat industri</li> <li>– Kawasan dekat laut atau terkena langsung hembusan angin laut</li> </ul>
4	Sangat Berat	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kawasan padang pasir dengan curah hujan sedikit dan terkena hembusan angin yang mengandung pasir dan garam</li> <li>– Kawasan yang sangat dekat dengan pantai dan terkena semburan air laut dan hembusan angin laut yang sangat kencang</li> </ul>

### 2.6.2 *Fly ash* Paiton

*Fly ash* atau abu terbang adalah limbah abu hasil dari sisa pembakaran batubara pada PLTU. Limbah abu dihasilkan dari sisa pembakaran batubara pada ruang pembakaran (ketel) yang kemudian disaring oleh *electrostatic precipitator* (ESP) sebelum dibuang ke udara. Pada pembakaran batubara tersebut, terdapat dua jenis limbah abu yang dihasilkan yaitu *fly ash* dan *bottom ash*. Perbedaan pada dua jenis limbah abu ini adalah *bottom ash* memiliki bobot dan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan *fly ash*. Karena ukuran dan bobotnya yang ringan, *fly ash* yang terbang ke udara kemudian akan disaring oleh ESP. Sebagai salah satu PLTU yang terbesar di Indonesia, Paiton menghasilkan limbah abu yang tidak sedikit tiap harinya. Dalam sehari bisa menghasilkan 500-1000 ton limbah abu. Banyak-nya limbah abu yang dihasilkan dapat membuat polusi di kawasan PLTU Paiton tersebut sehingga dapat berdampak pada kesehatan manusia dan juga performa alat-alat listrik PLTU Paiton. Pada Tabel 2.2 merupakan data kandungan limbah abu yang terdapat pada PLTU Paiton Unit 9.

**Tabel 2.2** Kandungan *fly ash* dan *bottom ash* Paiton

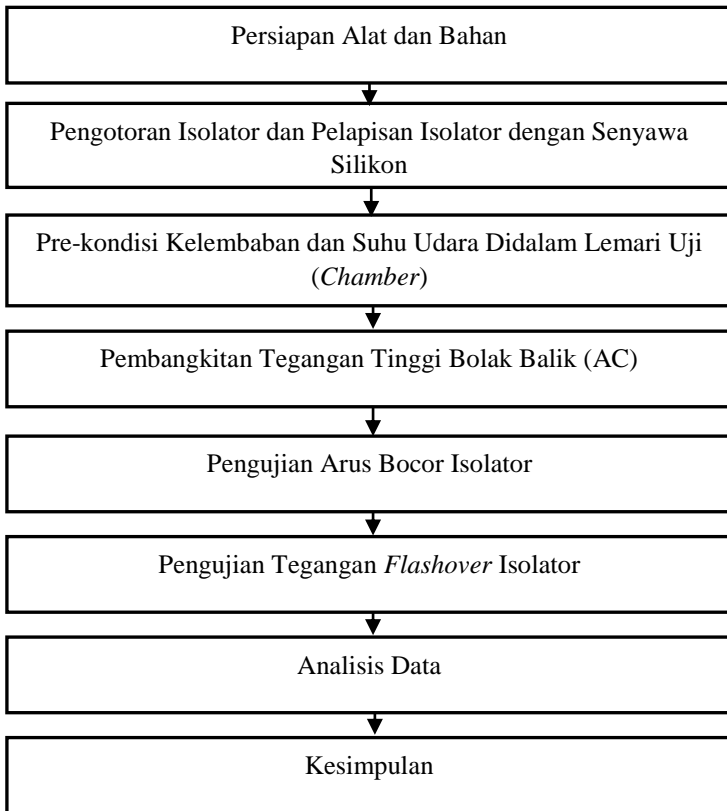
No.	Kandungan	Hasil (%)	
		<i>Fly ash</i>	<i>Bottom ash</i>
1	SiO <sub>2</sub>	46.96	51.74
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.13	4.26
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.02	5.14
4	CaO	4.31	9.04
5	Na <sub>2</sub> O	0.09	0.10
6	K <sub>2</sub> O	0.10	0.17
7	MgO	3.35	4.82
8	SO <sub>3</sub>	2.77	1.05
9	LOI	1.30	5.71

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh polutan *fly ash* Paiton terhadap isolator keramik yang dilapisi senyawa silikon. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian ketahanan elektrik isolator yang meliputi pengukuran arus bocor dan tegangan *flashover*. Tahapan-tahapan pengujian yang dilakukan disajikan kedalam Gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** Skema Penulisan Tugas Akhir

Sebelum melakukan pengujian isolator, pertama-tama yang dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan pada pengujian isolator ini adalah lemari uji (*chamber*), tabung kompresor air, isolator pin-post 20 kV, *fly ash* Paiton, dan senyawa silikon. Kemudian pengujian isolator divariasikan menjadi isolator dengan pelapisan silikon dan isolator tanpa pelapisan silikon. Selanjutnya isolator dengan dua perlakuan tersebut diberi polutan dengan bobot 50 gram dan 150 gram. Lalu selanjutnya dilakukan prekondisi suhu dan kelembaban didalam lemari uji agar didapatkan kelembaban yang diinginkan. Setelah itu barulah dilakukan pengujian arus bocor dan tegangan *flashover* pada isolator tersebut. Dari pengujian tersebut kemudian diambil datanya untuk kemudian di analisis dan diambil kesimpulannya.

### **3.1 Persiapan Alat dan Bahan**

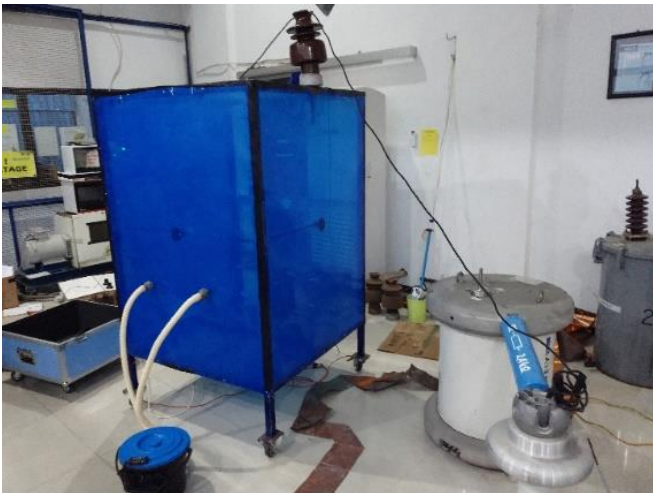
#### **3.1.1 Lemari Uji (*Chamber*)**

Pada pengujian isolator ini digunakan sebuah lemari uji (*chamber*) agar udara disekitar isolator yang diuji bisa direkayasa atau diatur suhu dan kelembabannya. Lemari uji yang digunakan berukuran (1x1x1.2) m dengan dipasang fiber ditiap sisinya kecuali pada bagian muka dipasang akrilik dengan ketebalan 2mm agar isolator yang diuji bisa dipantau dari luar lemari uji. Didalam lemari uji terdapat 4 buah lampu berdaya 100W dan sebuah lampu UV yang berguna untuk menaikkan suhu didalam lemari uji. Pada bagian atas lemari uji dipasang sebuah isolator agar kabel yang berasal dari rangkaian pembangkit tegangan tidak menyentuh langsung dengan rangka lemari uji. Kabel dari pembangkit tegangan dimasukkan kedalam lemari uji melewati bagian atas lemari uji lalu dijepitkan pada sebuah konduktor. Konduktor tersebut diikat menggunakan kawat pada isolator keramik yang akan diuji. Pada salah satu sisi bagian lemari uji, diberi 2 buah lubang untuk menghubungkannya dengan selang tabung kompressor air. Kerangka lemari uji dihubungkan dengan pentanahan sebagai fungsi pengamanan dari sengatan listrik ke manusia.





(a)



(b)

**Gambar 3.2** Lemari Uji (*Chamber*); (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Belakang

### 3.1.2 Tabung Kompresor Air

Tabung kompresor air seperti terlihat pada Gambar 3.3 berguna untuk meningkatkan kelembaban di dalam lemari uji. Tabung yang berisi air ini akan diuapkan menggunakan tiga buah *mist maker* seperti terlihat pada Gambar 3.4, lalu uap tersebut akan tertiuip oleh dua buah kipas DC 12 Volt. Kemudian uap air tersebut akan disalurkan melalui selang yang terhubung ke lemari uji.



**Gambar 3.3** Tabung Kompresor Air



**Gambar 3.4** *Mist Maker*

### 3.1.3 *Fly ash* Paiton

Polutan yang digunakan pada pengujian ini merupakan limbah abu terbang yang diambil langsung dari PT. PJB UP Paiton Unit 9. Pada Gambar 3.5 merupakan pengambilan *fly ash* yang diambil langsung dari penampungan limbah abu pada ESP. Ciri-ciri *fly ash* Paiton ini adalah memiliki warna coklat gelap seperti terlihat pada Gambar 3.6. *Fly ash* Paiton ini juga dijual kepada perusahaan pembuat semen untuk digunakan sebagai bahan campuran pembuatan beton agar bobotnya lebih ringan.



**Gambar 3.5** Pengambilan *Flyash* pada ESP PLTU Paiton



**Gambar 3.6** *Flyash* Paiton

### 3.1.4 Isolator Pin-post 20kV

Isolator yang digunakan pada pengujian ini adalah isolator tipe pin-post berbahan dasar keramik. Isolator ini biasa digunakan pada tiang yang memiliki gaya tekuk. Isolator yang diuji memiliki tegangan *rating* sebesar 20kV dan merupakan isolator yang diproduksi oleh Kearney.



**Gambar 3.7** Isolator Pin-post 20 kV

### 3.1.5 Senyawa Silikon

Pada pengujian ini senyawa silikon yang digunakan merupakan pasta silikon yang merupakan sampel yang didapat dari PLTU UP Paiton Unit 9. Produk pasta silikon tersebut bernama *The SAEKA Cleaning Paste* yang berguna untuk mencegah isolator dari debu dan melindungi dari *flashover* [5]. Pada Gambar 3.8 merupakan senyawa silikon yang digunakan pada pengujian ini. Pasta silikon tersebut dilapisi pada permukaan isolator dengan menggunakan kain lap dan diratakan pelapisannya.



**Gambar 3.8** Pasta Silikon

### 3.2 Pengotoran Isolator dan Pelapisan Isolator dengan Pasta Silikon

Pengotoran isolator dengan *fly ash* Paiton dilakukan dengan cara disemprot. *Fly ash* Paiton ditimbang untuk menentukan bobot kandungan polutan yang menempel pada isolator. Kemudian *fly ash* Paiton dilarutkan dengan air destilasi sebanyak 300 mL. Penentuan bobot polutan ditentukan dengan menggunakan metode *Nonsoluble Deposit Density* (NSDD) dengan rumus NSDD pada Persamaan (2). Luas isolator pin-post yang diuji yaitu sebesar 2247 cm<sup>2</sup> maka didapatkan variasi ketebalan polutan *fly ash* pada Tabel 3.1. Pasta silikon yang digunakan merupakan sampel yang didapatkan langsung dari PT PJB UP Paiton Unit 9. Pelapisan pasta silikon menggunakan kain lap yang kemudian diratakan diseluruh permukaan isolator.

**Tabel 3.1** Variasi Ketebalan Polutan *Fly Ash*

No.	Berat Polutan (mg)	NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )
1	Tanpa polutan	0
2	25	0.011
3	50	0.022
4	100	0.045
5	150	0.067
6	200	0.089
7	300	0.134



**Gambar 3.9** Isolator Berpolutan *Flyash*

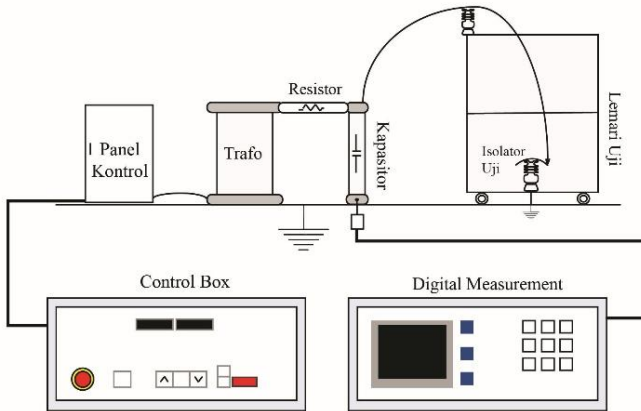
### **3.3 Pre-kondisi Kelembaban dan Suhu Udara didalam Lemari Uji (*Chamber*)**

Sebelum melakukan pengujian arus bocor, isolator akan di kondisikan di dalam lemari uji dengan kelembaban dan suhu yang diinginkan. Untuk pengujian arus bocor, kelembaban dinaikkan hingga mencapai setidaknya 80% dengan suhu udara sekitar 30°C. Sedangkan untuk pengujian *flashover*, ada dua variasi kelembaban yaitu 50% dan 80% dengan suhu 30°C. Kelembaban ini akan berpengaruh pada konduktivitas permukaan isolator. Semakin tinggi kelembaban udara-nya maka permukaan isolator menjadi lebih konduktif. Sehingga saat diberi tegangan, akan ada arus bocor yang melewati permukaan isolator. Apabila terjadi cukup lama dan cakupannya cukup luas, akan terjadi busur api dan akan muncul fenomena *flashover*.

### **3.4 Rangkaian Pengujian Isolator**

Pengujian arus bocor dan *flashover* yang digunakan menggunakan tegangan tinggi bolak-balik (AC) yang bersumber dari PLN. Modul pembangkitan tegangan yang digunakan merupakan modul pembangkitan tegangan tinggi AC pada Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro ITS. Pada Gambar 3.10 merupakan rangkaian pengujian isolator yang digunakan untuk pengujian arus bocor





**Gambar 3.11** Ilustrasi Rangkaian Pengujian Isolator

### 3.5 Pengujian Arus Bocor Isolator

Pengujian arus bocor ini berguna untuk menguji kekuatan dielektris isolator. *Withstand Test* adalah pengujian yang digunakan untuk mengukur arus bocor pada permukaan isolator. Pengujian ini dilakukan didalam lemari uji untuk mengamati arus bocor yang melewati permukaan isolator pada saat diberi tegangan *rating*. Isolator yang diuji diikat dengan sebuah konduktor yang terhubung dengan rangkaian pembangkiti tegangan bolak-balik (AC). Bagian bawah isolator yang juga terhubung dengan rangka lemari uji dikebunkan. Pada Gambar 3.11 merupakan DAQ NI 9426. Kabel pembumian diberikan sebuah CT 50/5 yang juga terhubung dengan DAQ NI 9426 sehingga data arus bocor bisa terekam di sebuah komputer. Dengan menggunakan metode *step voltage*, data arus bocor yang diambil merupakan data arus bocor pada saat isolator diberikan tegangan sebesar 5-25 kV. Tiap interval tegangan sebesar 5kV ditunggu selama 5 menit agar data yang terambil terbebas dari kerugian kapasitansi liar transformator. Kemudian data arus bocor tersbut diolah melalui aplikasi LabView dan diambil data sampel sebanyak 1000 data sampel. Rangkaian pengujian arus bocor ini dapat dilihat pada Gambar 3.10





**Gambar 3.12** DAQ NI 9426

### **3.6 Pengujian Tegangan *Flashover* Isolator**

Pengujian selanjutnya adalah pengujian pemberian tegangan pada isolator uji hingga isolator mengalami fenomena *flashover*. Fenomena *flashover* berarti munculnya busur api pada permukaan isolator dan mengakibatkan hubung singkat fasa ke tanah sehingga membuat relai proteksi bekerja dan tegangan pada isolator menjadi nol. Pengujian yang digunakan adalah pengujian yang sesuai standar *American Standard Test Method* (ASTM-D149) dengan menggunakan metode *Short Time Test*. Isolator diberi tegangan yang terus meningkat mulai dari nol hingga terjadi *flashover* dan harus dalam waktu 10 hingga 20 detik. Apabila isolator belum mengalami *flashover* dalam interval waktu tersebut, maka pengujian harus diulang kembali hingga sesuai dengan interval waktu 10 hingga 20 detik. Rangkaian pengujian tegangan *flashover* menggunakan rangkaian yang sama dengan rangkaian pengujian arus bocor pada Gambar 3.10

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dijelaskan tentang hasil pengujian isolator keramik yang telah dilakukan dan analisis dari hasil pengujian isolator keramik yang dilapisi silikon dan tanpa pelapisan senyawa silikon. Pengujian isolator yang dilakukan adalah pengaruh polutan *fly ash* Paiton terhadap isolator keramik yang dilapisi silikon dan isolator keramik tanpa pelapisan silikon. Data yang diambil merupakan data arus bocor dan tegangan *flashover*.

#### **4.1 Pengujian Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon**

Pengujian arus bocor dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan polutan *fly ash* Paiton pada isolator keramik yang akan diuji. Bobot polutan *fly ash* yang menempel pada isolator di variasikan menjadi beberapa nilai variasi NSDD. Isolator diuji didalam lemari uji yang sudah di prekondisi kelembaban dan suhu nya. dengan memberikan tegangan sebesar 5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV, dan 25 kV. Namun dikarenakan modul rangkaian yang digunakan tidak bisa presisi untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, sehingga tegangan uji yang diberikan toleransi tegangan error sebesar  $\pm 1$  kV.

##### **4.1.1 Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50%**

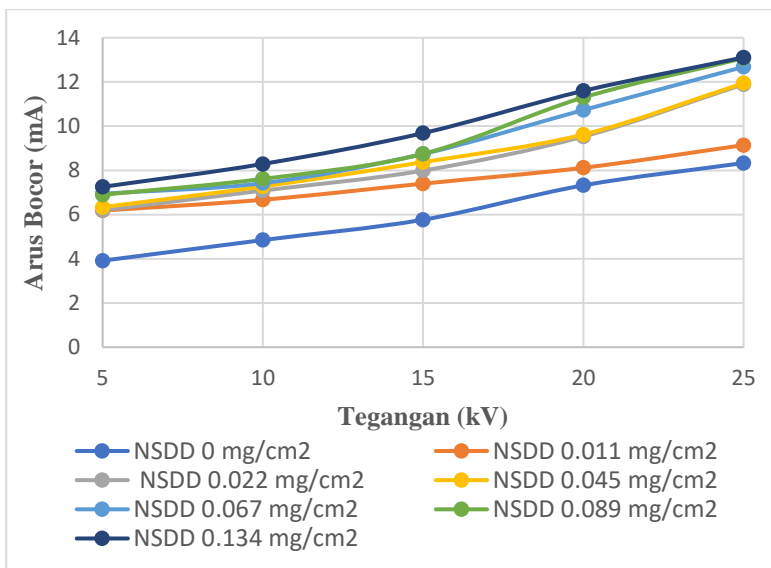
Pada pengujian arus bocor dengan kelembaban 50%, lemari uji tidak perlu dilakukan prekondisi kelembaban. Karena kelembaban 50% merupakan kelembaban udara pada ruangan dalam keadaan normal. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2 serta grafik pada Gambar 4.1. Ketika isolator uji tidak diberikan tegangan, maka arus bocor yang mengalir bernilai nol. Pada saat tegangan dinaikkan dengan interval kenaikan sebesar 5 kV, terlihat bahwa arus bocor yang mengalir pada semua isolator uji dengan NSDD yang berbeda-beda akan menghasilkan arus bocor yang nilainya juga meningkat seiring dengan kenaikan tegangan.

**Tabel 4.1** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50%

<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Arus Bocor (mA)</b>			
	<b>NSDD 0 mg/cm2</b>	<b>NSDD 0.011 mg/cm2</b>	<b>NSDD 0.022 mg/cm2</b>	<b>NSDD 0.045 mg/cm2</b>
0	0	0	0	0
5	3.914566	6.179755	6.197858	6.335886
10	4.846583	6.670512	7.086141	7.272820
15	5.767181	7.400697	7.990937	8.372771
20	7.322355	8.117266	9.530218	9.621566
25	8.333823	9.142142	11.895612	11.942442

**Tabel 4.2** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% (Lanjutan)

<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Arus Bocor (mA)</b>		
	<b>NSDD 0.067 mg/cm2</b>	<b>NSDD 0.089 mg/cm2</b>	<b>NSDD 0.134 mg/cm2</b>
0	0	0	0
5	6.942864	6.896854	7.254147
10	7.422596	7.615978	8.290657
15	8.744723	8.747101	9.685605
20	10.730453	11.296586	11.595798
25	12.680940	13.076492	13.109932



**Gambar 4.1** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50%

#### 4.1.2 Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80%

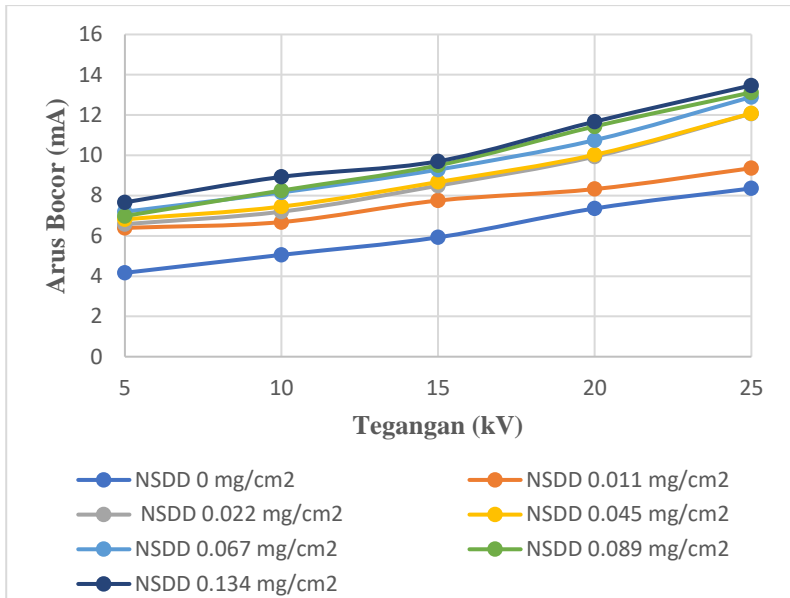
Pada pengujian arus bocor ini dilakukan prekondisi kelembaban lemari uji terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian arus bocor. Prekondisi lemari uji dilakukan selama 30-60 menit hingga kelembaban yang terukur didalam lemari uji mencapai 80%. Hasil yang didapat tersaji pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, serta pada grafik pada Gambar 4.2. Pada saat isolator uji belum diinjeksikan tegangan, maka tidak ada arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator uji. Pada saat isolator diberikan tegangan, isolator uji akan memiliki nilai arus bocor yang berbeda-beda sesuai tingkat NSDD-nya. Apabila tegangan yang diaplikasikan pada isolator uji semakin tinggi, maka semakin tinggi pula nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator uji tersebut.

**Tabel 4.3** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)			
	NSDD 0 mg/cm2	NSDD 0.011 mg/cm2	NSDD 0.022 mg/cm2	NSDD 0.045 mg/cm2
0	0	0	0	0
5	4.163814	6.394952	6.581019	6.820907
10	5.056518	6.685212	7.201503	7.452933
15	5.925891	7.752869	8.492646	8.673155
20	7.360728	8.323266	9.935199	10.025527
25	8.355641	9.360188	12.073326	12.080901

**Tabel 4.4** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% (Lanjutan)

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)		
	NSDD 0.067 mg/cm2	NSDD 0.089 mg/cm2	NSDD 0.134 mg/cm2
0	0	0	0
5	7.198272	6.987241	7.662999
10	8.157974	8.252216	8.928364
15	9.288312	9.501089	9.705290
20	10.753428	11.433805	11.670956
25	12.895502	13.122308	13.472074



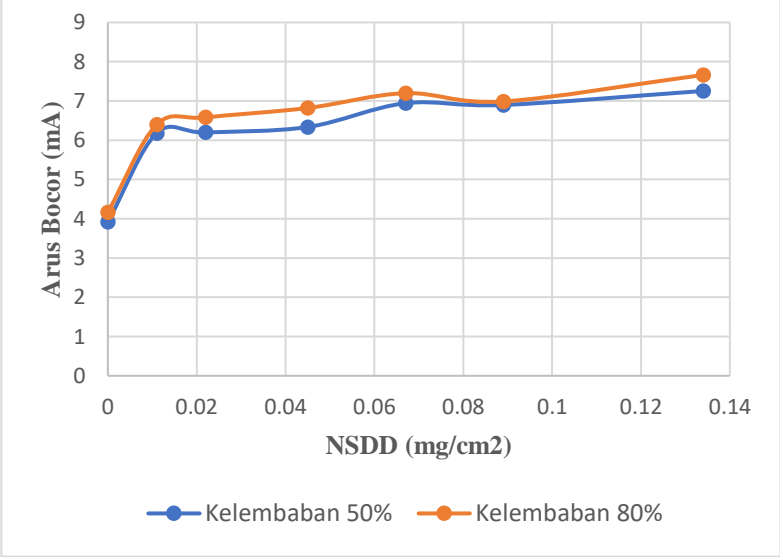
**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80%

#### 4.1.3 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 5 kV

Ketebalan polutan *fly ash* yang diberikan pada isolator uji dengan variasi yang berbeda-beda akan menghasilkan arus bocor yang nilainya juga berbeda-beda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan grafik pada Gambar 4.3. Dari hasil pengujian didapatkan data isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> akan menghasilkan nilai arus bocor sekitar 4 mA. Pada pengujian arus bocor isolator dengan NSDD yang lebih besar maka nilai arus bocor nya juga menjadi lebih besar sehingga semakin besar nilai NSDD atau bobot polutan yang diberikan pada isolator, maka semakin besar pula nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator tersebut. Selain itu, pada isolator yang diuji dengan kelembaban 80% akan menghasilkan nilai arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji dengan kelembaban 50%.

**Tabel 4.5** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 5 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	3.91456610	4.16381385
0.011	6.17975560	6.39495220
0.022	6.19785848	6.58101909
0.045	6.33588610	6.82090720
0.067	6.94286438	7.19827163
0.089	6.89685414	6.98724107
0.134	7.25414681	7.66299926



**Gambar 4.3** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 5 kV

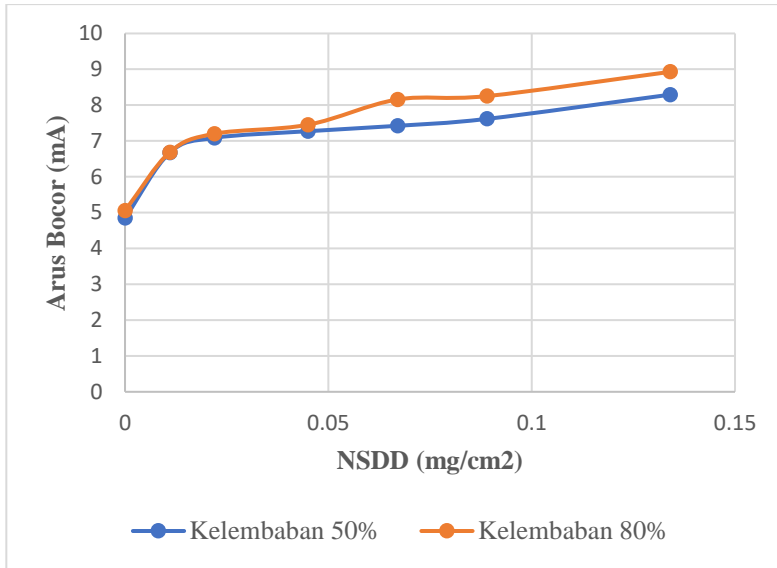


#### **4.1.4 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 10 kV**

Pada tegangan 10 kV, isolator uji dengan variasi yang berbeda-beda akan menghasilkan arus bocor yang nilainya juga berbeda-beda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan grafik pada Gambar 4.4. Dari hasil pengujian didapatkan data isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> akan menghasilkan nilai arus bocor sekitar 4,8 hingga 5 mA. Pada pengujian arus bocor isolator dengan NSDD yang lebih besar maka nilai arus bocor nya juga menjadi lebih besar sehingga semakin besar nilai NSDD atau bobot polutan yang diberikan pada isolator, maka semakin besar pula nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator tersebut. Selain itu, pada isolator yang diuji dengan kelembaban 80% akan menghasilkan nilai arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji dengan kelembaban 50%. Hal ini dikarenakan kelembaban yang lebih tinggi akan membuat permukaan isolator menjadi bersifat lebih konduktif.

**Tabel 4.6** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 10 kV

<b>NSDD (mg/cm2)</b>	<b>Arus Bocor (mA)</b>	
	<b>Kelembaban 50%</b>	<b>Kelembaban 80%</b>
0	4.84658311	5.05651847
0.011	6.67051277	6.68521202
0.022	7.08614119	7.201502705
0.045	7.27282092	7.45293296
0.067	7.42259630	8.15797406
0.089	7.61597764	8.25221627
0.134	8.29065720	8.92836406



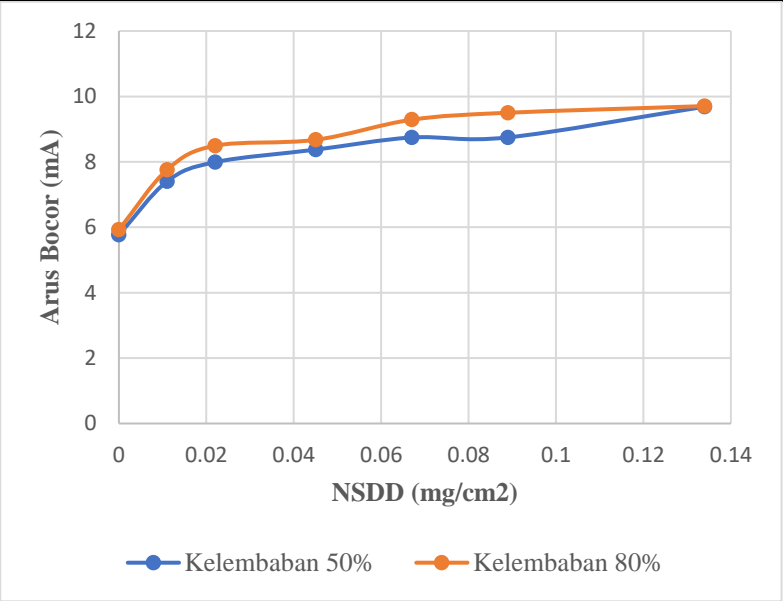
**Gambar 4.4** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 10 kV

#### 4.1.5 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 15 kV

Pengaruh NSDD terhadap nilai arus bocor isolator tanpa pelapisan silikon pada tegangan 15 kV ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin tinggi NSDD pada isolator uji maka akan menghasilkan arus bocor yang semakin tinggi pula. Serta isolator uji yang diprekondisi keadaan kelembaban 80% menghasilkan rata-rata nilai arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji dengan kelembaban 50%. Data nilai arus bocor secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.7. Pada isolator uji dengan NSDD 0 akan menghasilkan arus bocor sebesar 5,7 hingga 5.9 mA. Pada isolator dengan NSDD yang lebih besar, maka nilai arus bocornya juga akan semakin besar.

**Tabel 4.7** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 15 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	5.76718179	5.92589083
0.011	7.40069782	7.75286874
0.022	7.99093724	8.49264580
0.045	8.37277136	8.67315466
0.067	8.74472296	9.28831233
0.089	8.74710105	9.50108877
0.134	9.68560491	9.70528961



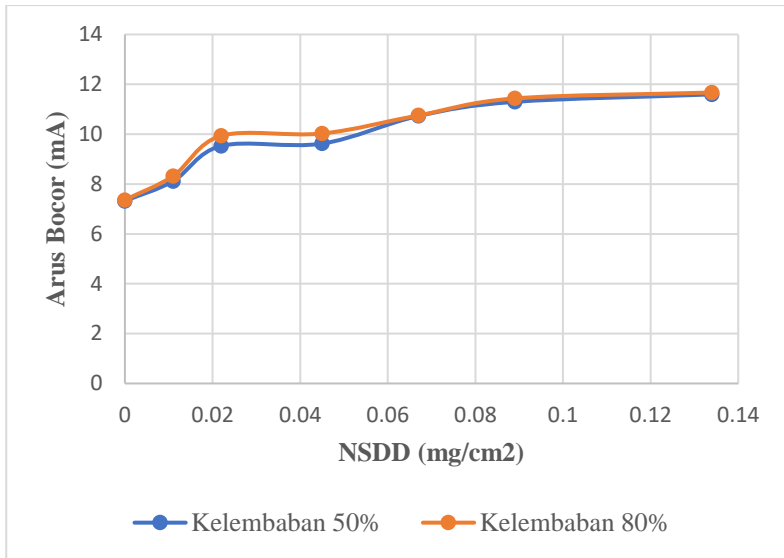
**Gambar 4.5** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 15 kV

#### 4.1.6 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 20 kV

Pada tegangan 20 kV nilai arus bocor berada dikisaran 7 hingga 11 mA. Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa arus bocor akan meningkat seiring dengan peningkatan NSDD. Isolator dengan kelembaban 80% memiliki nilai arus bocor yang lebih tinggi dibandingkan isolator dengan kelembaban 50%. Perbedaan ini cukup terlihat jelas pada isolator dengan NSDD 0.022 dan 0.045. Secara rinci pengaruh NSDD terhadap arus bocor dapat dilihat pada Tabel 4.8. Isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> akan menghasilkan arus bocor sebesar 7.3 mA. Selanjutnya isolator dengan NSDD 0.011 akan menghasilkan arus bocor yang lebih besar yaitu sekitar 8.1 hingga 8.3 mA dan seterusnya sehingga apabila NSDD semakin tinggi maka arus bocor juga semakin tinggi.

**Tabel 4.8** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 20 kV

NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	7.32235512	7.36072842
0.011	8.11726668	8.32326566
0.022	9.53021843	9.935199152
0.045	9.62156675	10.02552684
0.067	10.73045269	10.75342766
0.089	11.29658588	11.43380453
0.134	11.59579848	11.67095571



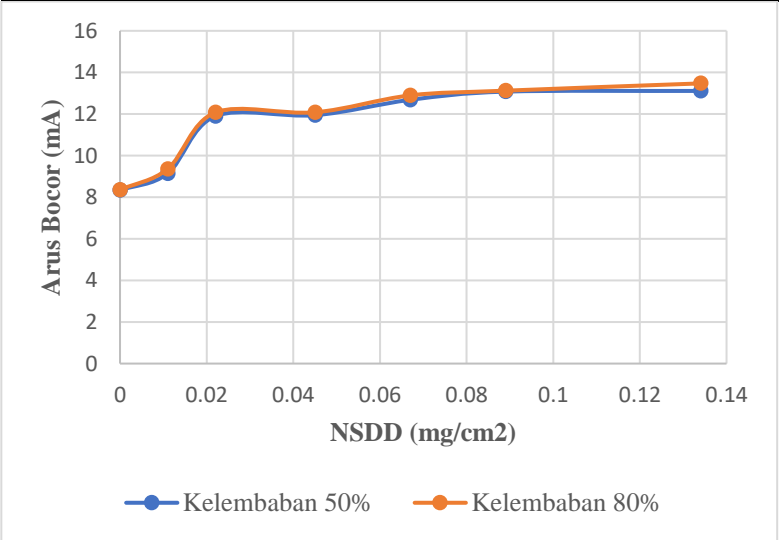
**Gambar 4.6** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 20 kV

#### **4.1.7 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon Pada Tegangan 25 kV**

Isolator yang diuji tanpa pelapisan silikon ini menghasilkan perbandingan arus bocor yang tidak jauh berbeda pada tegangan 25 kV. Pada Tabel 4.9 terlihat bahwa arus bocor dari isolator pada kedua kelembaban tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Namun demikian pada kelembaban 80% tetap menghasilkan arus bocor yang lebih besar. Hal ini dikarenakan kelembaban akan mempengaruhi permukaan isolator yang menjadi lebih konduktif. Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa semakin besar NSDD pada isolator maka semakin besar pula nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator yang di uji pada kedua kelembaban yang berbeda.

**Tabel 4.9** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 25 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	8.33382394	8.35564058
0.011	9.14214275	9.36018795
0.022	11.89561269	12.07332576
0.045	11.94244271	12.08090141
0.067	12.68094017	12.89550239
0.089	13.07649206	13.12230753
0.134	13.10993161	13.47207428



**Gambar 4.7** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 25 kV

## **4.2 Pengujian Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon**

Pengujian selanjutnya adalah pengujian arus bocor isolator yang dilapisi senyawa silikon. Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu isolator keramik yang akan diuji dilapisi dengan pasta silikon. Pelapisan pasta silikon dilakukan dengan menggunakan kain lap dan diratakan pelapisannya pada permukaan isolator keramik. Setelah itu ditunggu hingga kering terlebih dahulu sebelum kemudian isolator yang akan diuji diberi polutan *fly ash* Paiton. Bobot polutan *fly ash* yang menempel pada isolator di variasikan seperti terlihat pada Tabel 3.1. Metode pengujian arus bocor pada isolator dengan pelapisan silikon sama dengan metode pengujian arus bocor pada isolator tanpa pelapisan silikon. Pada pengujian arus bocor ini, kelembaban didalam lemari uji juga divariasikan menjadi 50% dan 80%. Kemudian setelah itu isolator yang di uji diberikan tegangan bolak-balik (AC) dengan interval 5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV, dan 25 kV. Pada pengujian ini, modul rangkaian yang digunakan tidak bisa presisi dalam mendapatkan tegangan uji yang diinginkan sehingga diberikan toleransi error tegangan sebesar  $\pm 1$  kV.

### **4.2.1 Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50%**

Pada pengujian arus bocor dengan kelembaban 50%, lemari uji tidak perlu dilakukan prekondisi kelembaban. Karena kelembaban 50% merupakan kelembaban udara pada ruangan dalam keadaan normal. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan 4.11 serta grafik pada Gambar 4.8. Ketika isolator uji tidak diberikan tegangan, maka arus bocor yang mengalir bernilai nol. Pada saat tegangan dinaikkan dengan interval kenaikan sebesar 5 kV, terlihat bahwa arus bocor yang mengalir pada semua isolator uji dengan NSDD yang berbeda-beda akan menghasilkan arus bocor yang nilainya juga meningkat seiring dengan kenaikan tegangan. Nilai arus bocor yang paling besar dihasilkan oleh isolator yang di uji dengan ketebalan polutan atau NSDD sebesar 0.134 mg/cm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan polutan dapat membuat permukaan isolator menjadi lebih konduktif.

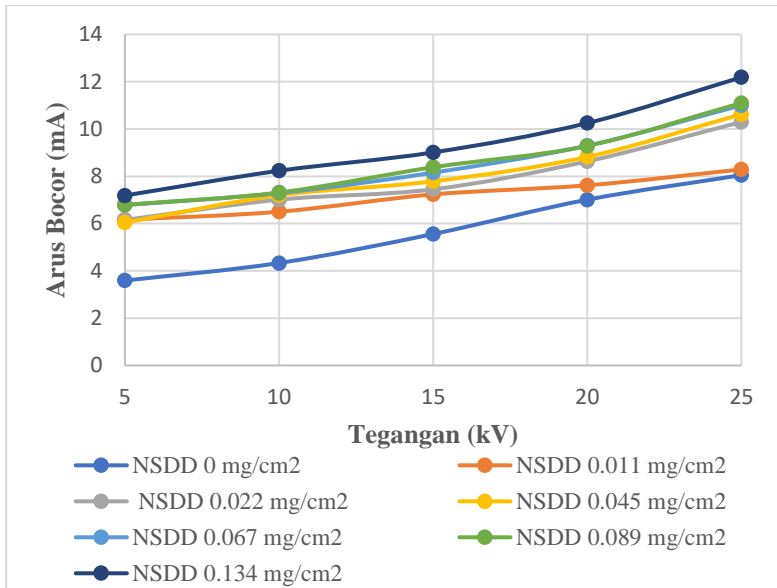
**Tabel 4.10** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)			
	NSDD 0 mg/cm2	NSDD 0.011 mg/cm2	NSDD 0.022 mg/cm2	NSDD 0.045 mg/cm2
0	0	0	0	0
5	3.591410	6.162548	6.154594	6.043759
10	4.333157	6.501869	7.013316	7.198665
15	5.559042	7.235013	7.449797	7.788781
20	7.011904	7.619939	8.632730	8.822196
25	8.050234	8.290805	10.299177	10.624754

**Tabel 4.11** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50% (Lanjutan)

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)		
	NSDD 0.067 mg/cm2	NSDD 0.089 mg/cm2	NSDD 0.134 mg/cm2
0	0	0	0
5	6.784184	6.792949	7.188673
10	7.288167	7.314697	8.235512
15	8.155580	8.386144	9.010845
20	9.295474	9.286839	10.251374
25	11.002611	11.101704	12.186788





**Gambar 4.8** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 50%

#### 4.2.2 Pengaruh Tegangan Terhadap Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80%

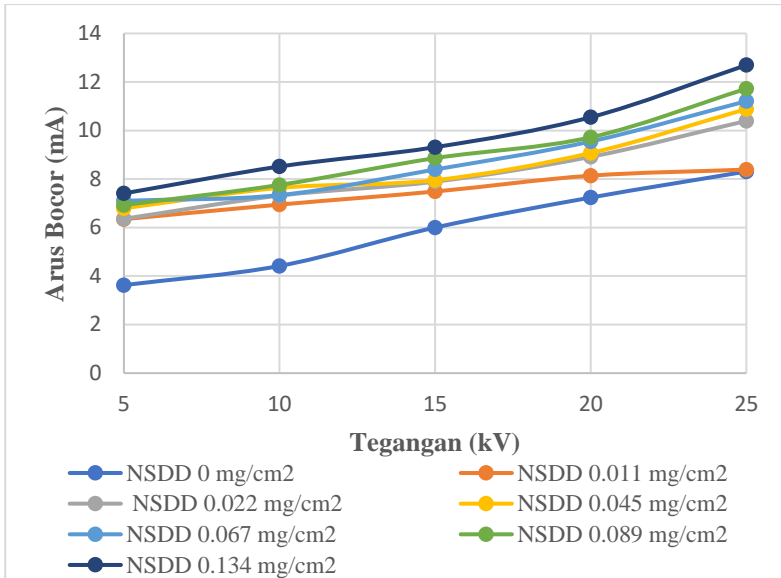
Pada pengujian arus bocor ini dilakukan prekondisi kelembaban lemari uji terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian arus bocor. Prekondisi lemari uji dilakukan selama 30-60 menit hingga kelembaban yang terukur didalam lemari uji mencapai 80%. Hasil yang didapat tersaji pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13, serta pada grafik pada Gambar 4.9. Pada saat isolator uji belum diinjeksikan tegangan, maka tidak ada arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator uji. Pada saat isolator diberikan tegangan, isolator uji akan memiliki nilai arus bocor yang berbeda-beda sesuai tingkat NSDD-nya. Apabila tegangan yang diaplikasikan pada isolator uji semakin tinggi, maka semakin tinggi pula nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator uji tersebut.

**Tabel 4.12** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)			
	NSDD 0 mg/cm2	NSDD 0.011 mg/cm2	NSDD 0.022 mg/cm2	NSDD 0.045 mg/cm2
0	0	0	0	0
5	3.629021	6.344430	6.361060	6.793969
10	4.417837	6.946342	7.317665	7.635964
15	6.000736	7.486443	7.891877	7.953059
20	7.236237	8.138693	8.915407	9.073222
25	8.310436	8.390196	10.396539	10.883671

**Tabel 4.13** Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80% (Lanjutan)

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)		
	NSDD 0.067 mg/cm2	NSDD 0.089 mg/cm2	NSDD 0.134 mg/cm2
0	0	0	0
5	7.102994	6.927022	7.408308
10	7.337919	7.757271	8.516407
15	8.394380	8.861977	9.313626
20	9.548954	9.720423	10.548093
25	11.209999	11.723305	12.695728



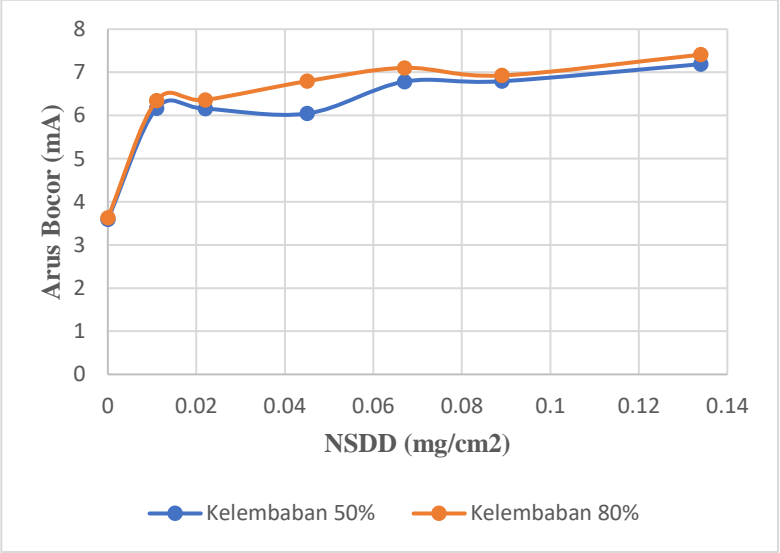
**Gambar 4.9** Grafik Pengaruh Tegangan Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Kelembaban 80%

#### 4.2.3 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 5 kV

Pada tegangan 5 kV pengujian arus bocor isolator dengan pelapisan silikon akan menghasilkan nilai arus bocor sebesar 3.6 mA pada isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> atau tanpa polutan. Pada NSDD 0.011 mg/cm<sup>2</sup>, nilai arus bocor meningkat signifikan menjadi 6 mA. Nilai arus bocor terus meningkat pada tingkatan NSDD yang lebih besar. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.10. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai arus bocor meningkat seiring dengan NSDD yang lebih besar. Isolator yang diuji dengan kelembaban 80% akan menghasilkan rata-rata nilai arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator dengan kelembaban 50%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa polutan dan kelembaban akan membuat nilai arus bocor meningkat.

**Tabel 4.14** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator Tanpa Silikon Pada Tegangan 5 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	3.59141018	3.629021
0.011	6.16254793	6.344430
0.022	6.15459448	6.361060
0.045	6.043758566	6.793969
0.067	6.78418447	7.102994
0.089	6.79294897	6.927022
0.134	7.18867339	7.408308



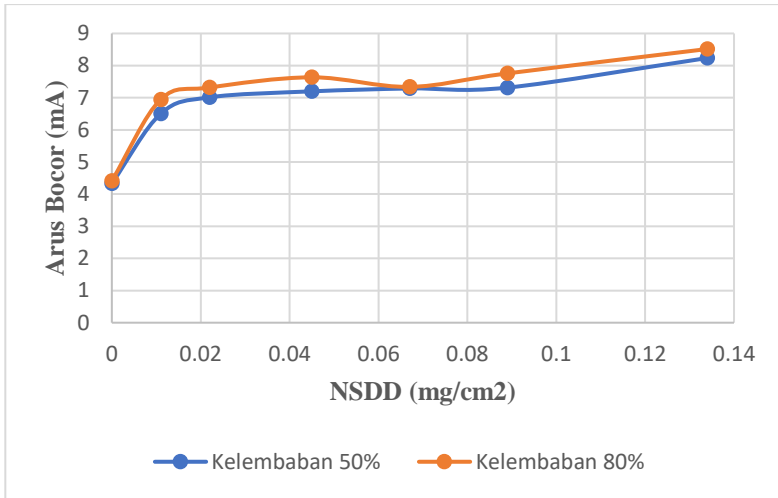
**Gambar 4.10** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 5 kV

#### 4.2.4 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 10 kV

Pengaruh NSDD terhadap nilai arus bocor isolator dengan pelapisan silikon pada tegangan 10 kV dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.11. Pada grafik tersebut terlihat bahwa isolator dengan kelembaban 80% menghasilkan arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji pada kelembaban 50%. Untuk melihat data arus bocornya dapat dilihat pada Tabel 4.15. Pada tabel tersebut terlihat bahwa pada isolator tanpa polutan atau isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> maka arus bocor yang mengalir dipermukaan isolator sebesar 4.3 hingga 4.4 mA. Ketika isolator diberi polutan dengan variasi ketebalan yang berbeda-beda maka akan menghasilkan nilai arus bocor yang berbeda pula. Pada isolator dengan NSDD 0.011 maka arus bocor yang dihasilkan meningkat menjadi sebesar 6 mA. Untuk isolator dengan NSDD yang lebih besar maka arus bocor yang dihasilkan pun juga lebih besar.

**Tabel 4.15** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 10 kV

NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	4.33315748	4.417837
0.011	6.50186861	6.946342
0.022	7.01331635	7.317665
0.045	7.19866508	7.635964
0.067	7.28816682	7.337919
0.089	7.31469717	7.757271
0.134	8.235512137	8.516407



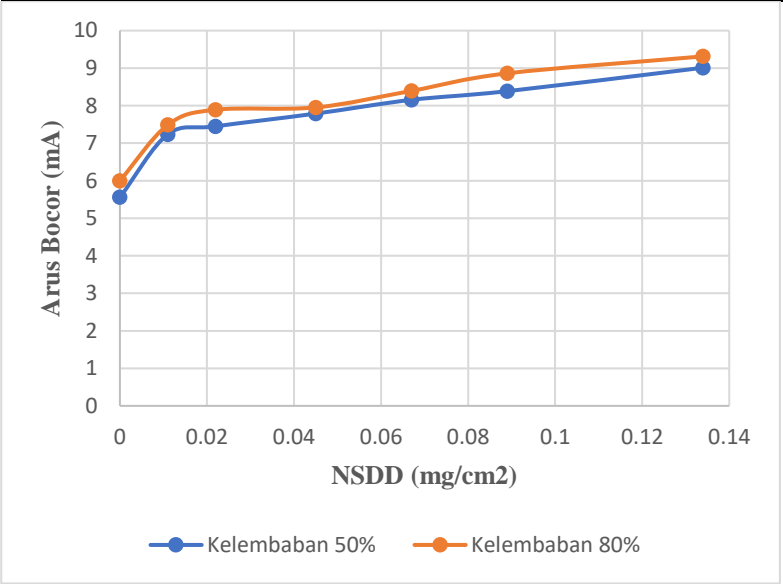
**Gambar 4.11** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 10 kV

#### 4.2.5 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 15 kV

Pada tegangan 15 kV, isolator uji dengan variasi yang berbeda-beda akan menghasilkan arus bocor yang nilainya juga berbeda-beda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan grafik pada Gambar 4.12. Dari hasil pengujian didapatkan data isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> akan menghasilkan nilai arus bocor sekitar 5.5 hingga 6 mA. Pada pengujian arus bocor isolator dengan NSDD yang lebih besar maka nilai arus bocor nya juga menjadi lebih besar sehingga semakin besar nilai NSDD atau bobot polutan yang diberikan pada isolator, maka semakin besar pula nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator tersebut. Selain itu, pada isolator yang diuji dengan kelembaban 80% akan menghasilkan nilai arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji dengan kelembaban 50%. Hal ini dikarenakan kelembaban yang lebih tinggi akan membuat permukaan isolator menjadi bersifat lebih konduktif.

**Tabel 4.16** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 15 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	5.55904236	6.000736
0.011	7.23501261	7.486443
0.022	7.44979704	7.891877
0.045	7.78878071	7.953059
0.067	8.15557962	8.394380
0.089	8.38614445	8.861977
0.134	9.01084464	9.313626



**Gambar 4.12** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 15 kV

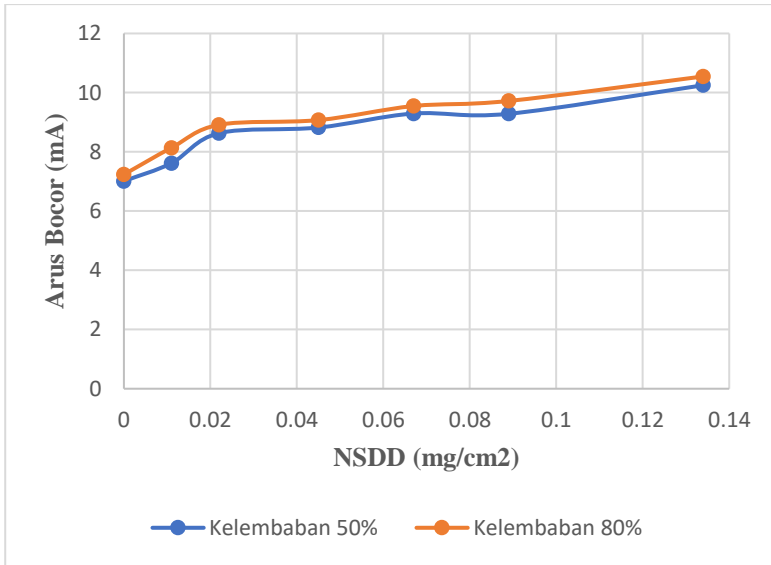
#### 4.2.6 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 20 kV

Pengaruh NSDD terhadap nilai arus bocor isolator tanpa pelapisan silikon pada tegangan 20 kV ini dapat dilihat pada Gambar 4.13. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin tinggi NSDD pada isolator uji maka akan menghasilkan arus bocor yang semakin tinggi pula. Serta isolator uji yang diprekondisi keadaan kelembaban 80% menghasilkan rata-rata nilai arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji dengan kelembaban 50%. Data nilai arus bocor secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.17. Pada isolator uji dengan NSDD 0 akan menghasilkan arus bocor sebesar 7 mA. Pada isolator dengan NSDD yang lebih besar, maka nilai arus bocornya juga akan semakin besar.

**Tabel 4.17** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 20 kV

NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	7.01190353	7.236237
0.011	7.61993946	8.138693
0.022	8.63272980	8.915407
0.045	8.82219558	9.073222
0.067	9.29547375	9.548954
0.089	9.28683881	9.720423
0.134	10.25137350	10.548093





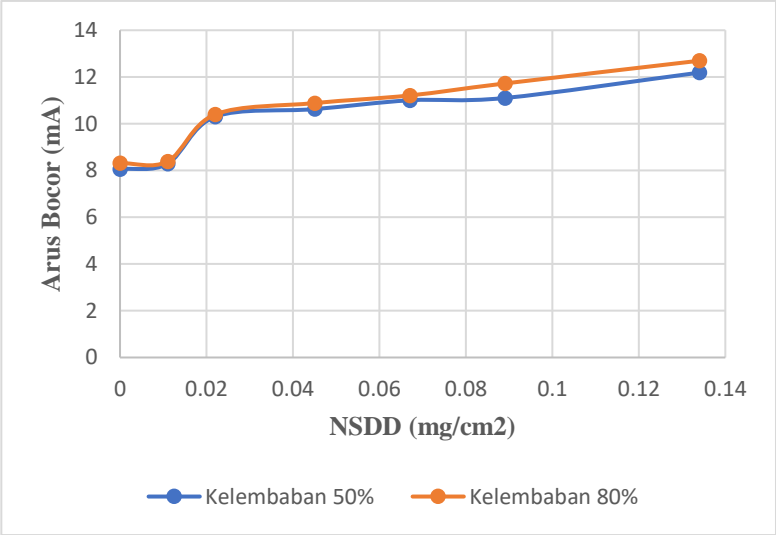
**Gambar 4.13** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 20 kV

#### **4.2.7 Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Pelapisan Silikon Pada Tegangan 25 kV**

Pengaruh NSDD terhadap nilai arus bocor isolator dengan pelapisan silikon pada tegangan 25 kV dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.14. Pada grafik tersebut terlihat bahwa isolator dengan kelembaban 80% menghasilkan arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan isolator yang diuji pada kelembaban 50%. Untuk melihat data arus bocornya dapat dilihat pada Tabel 4.18. Pada tabel tersebut terlihat bahwa pada isolator tanpa polutan atau isolator dengan NSDD 0 mg/cm<sup>2</sup> maka arus bocor yang mengalir dipermukaan isolator sebesar 8 hingga 8.3 mA. Ketika isolator diberi polutan dengan variasi ketebalan yang berbeda-beda maka akan menghasilkan nilai arus bocor yang berbeda pula. Untuk isolator dengan NSDD yang lebih besar maka arus bocor yang dihasilkan pun juga lebih besar.

**Tabel 4.18** Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 25 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Kelembaban 50%	Kelembaban 80%
0	8.05023370	8.310436
0.011	8.29080536	8.390196
0.022	10.29917731	10.396539
0.045	10.62475418	10.883671
0.067	11.00261121	11.209999
0.089	11.10170417	11.723305
0.134	12.18678797	12.695728



**Gambar 4.14** Grafik Pengaruh NSDD Terhadap Nilai Arus Bocor Isolator dengan Silikon Pada Tegangan 25 kV

### **4.3 Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon**

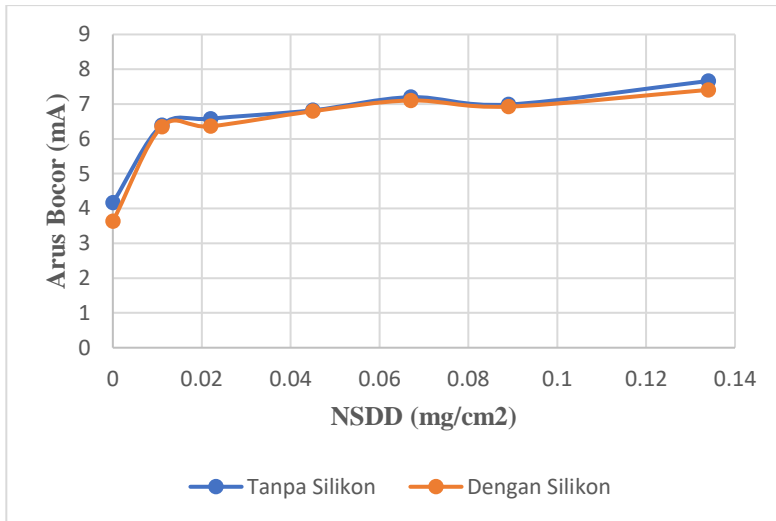
Setelah didapatkan hasil pengujian arus bocor isolator tanpa pelapisan silikon dan isolator dengan pelapisan silikon, maka selanjutnya adalah membandingkan hasil keduanya agar diketahui pengaruh pelapisan silikon pada isolator yang di uji.

#### **4.3.1 Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 5 kV**

Pada pengujian arus bocor ini dibandingkan hasil kedua perlakuan isolator antara isolator yang dilapisi silikon dengan isolator tanpa pelapisan silikon. Pada Gambar 4.15 terlihat bahwa isolator yang dilapisi silikon akan menghasilkan arus bocor yang lebih rendah dibandingkan dengan isolator tanpa pelapisan silikon pada tingkatan NSDD yang sama. Pada Tabel 4.19 terlihat perbandingan nilai arus bocor antara isolator yang dilapisi silikon dengan isolator tanpa pelapisan silikon.

**Tabel 4.19** Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 5 kV

<b>NSDD (mg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Arus Bocor (mA)</b>	
	<b>Tanpa Silikon</b>	<b>Dengan Silikon</b>
0	4.16381385	3.629021
0.011	6.39495220	6.344430
0.022	6.58101909	6.361060
0.045	6.82090720	6.793969
0.067	7.19827163	7.102994
0.089	6.98724107	6.927022
0.134	7.66299926	7.408308



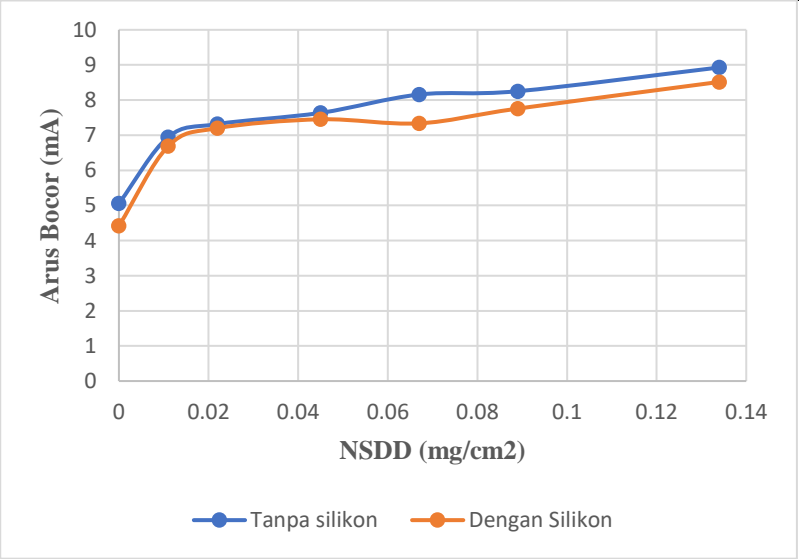
**Gambar 4.15** Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 5 kV

#### 4.3.2 Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 10 kV

Hasil pengujian arus bocor dan perbandingan arus bocor isolator tanpa pelapisan silikon dengan isolator yang dilapisi silikon dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan grafik pada Gambar 4.16. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa isolator dengan pelapisan silikon menghasilkan arus bocor yang lebih kecil dibandingkan dengan isolator tanpa pelapisan silikon pada tingkatan NSDD yang sama. Nilai arus bocor pada kedua isolator terlihat meningkat pada tingkatan NSDD yang lebih besar. Namun nilai arus bocor pada isolator dengan pelapisan silikon lebih rendah dibandingkan dengan isolator tanpa pelapisan silikon. Hal ini dikarenakan silikon memiliki sifat tahan air, kekuatan dielektrik yang tinggi, dan dapat digunakan pada temperatur rendah dan tinggi. Sehingga senyawa silikon tersebut dapat digunakan untuk pemeliharaan isolator.

**Tabel 4.20** Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 10 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Tanpa Silikon	Dengan Silikon
0	5.05651847	4.417837
0.011	6.68521202	6.946342
0.022	7.201502705	7.317665
0.045	7.45293296	7.635964
0.067	8.15797406	7.337919
0.089	8.25221627	7.757271
0.134	8.92836406	8.516407



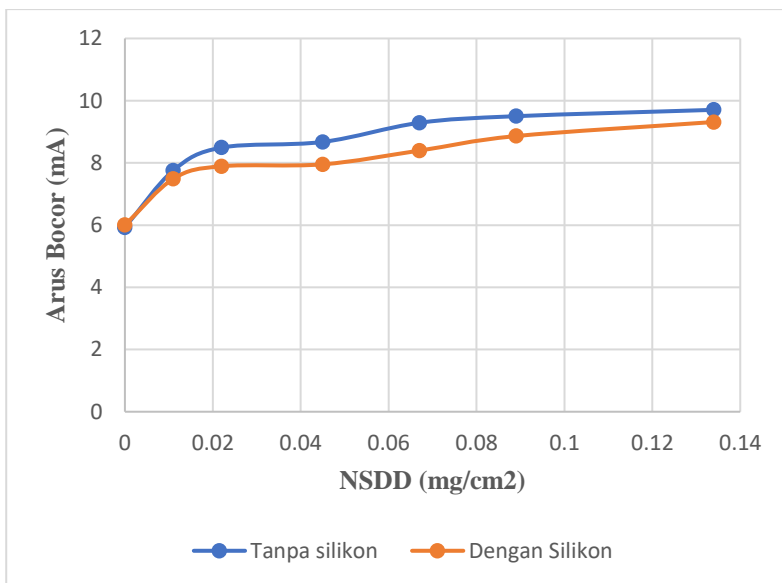
**Gambar 4.16** Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 10 kV

### 4.3.3 Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 15 kV

Pada tegangan 15 kV pengujian arus bocor isolator menghasilkan nilai arus bocor pada isolator dengan pelapisan silikon yang lebih rendah dibandingkan dengan isolator tanpa pelapisan silikon. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Gambar 4.17. Pada Gambar 4.17 terlihat grafik isolator dengan pelapisan silikon memiliki nilai arus bocor yang lebih rendah dibandingkan dengan grafik isolator tanpa pelapisan silikon pada tingkatan NSDD yang sama. Pada isolator dengan NSDD 0.011 mg/cm<sup>2</sup>, isolator dengan pelapisan silikon menghasilkan arus bocor sebesar 7.5 mA, sedangkan isolator tanpa pelapisan silikon menghasilkan arus bocor yang lebih besar yaitu sebesar 7.8 mA. Dan begitu seterusnya pada tingkatan NSDD yang lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa silikon dapat mengurangi nilai arus bocor isolator.

**Tabel 4.21** Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 15 kV

NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Arus Bocor (mA)	
	Tanpa Silikon	Dengan Silikon
0	5.92589083	6.000736
0.011	7.75286874	7.486443
0.022	8.49264580	7.891877
0.045	8.67315466	7.953059
0.067	9.28831233	8.394380
0.089	9.50108877	8.861977
0.134	9.70528961	9.313626



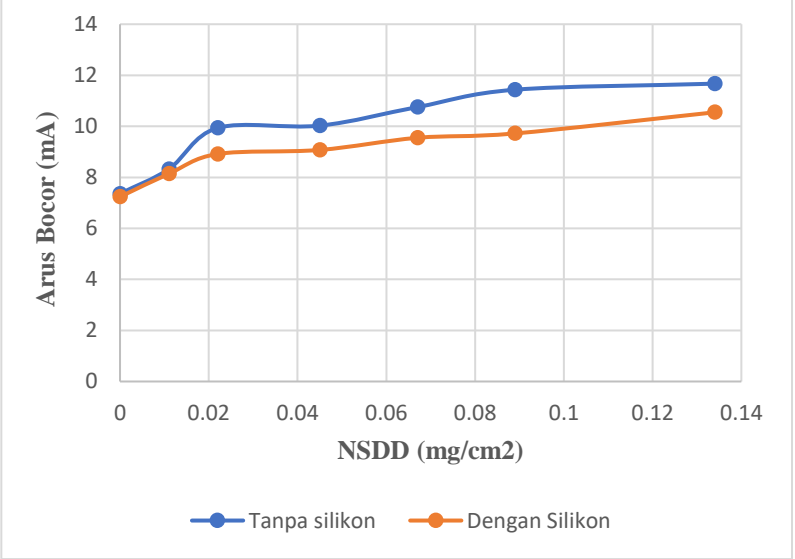
**Gambar 4.17** Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 15 kV

#### 4.3.4 Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 20 kV

Perbandingan arus bocor isolator tanpa pelapisan silikon dengan isolator yang dilapisi silikon disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.18 dan Tabel 4.22. Pada Gambar 4.18 terlihat bahwa isolator dengan pelapisan silikon memiliki nilai arus bocor yang lebih rendah dibandingkan dengan isolator tanpa dilapisi silikon pada tingkatan NSDD yang sama. Pada Tabel 4.22 dapat dilihat bahwa isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.011 mg/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor sebesar 8.14 mA. Sedangkan isolator tanpa pelapisan silikon dengan NSDD 0.011 mg/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor yang lebih besar yaitu 8.3 mA. Arus bocor meningkat seiring dengan peningkatan NSDD. Sehingga dapat disimpulkan bahwa silikon dapat mengurangi nilai arus bocor.

**Tabel 4.22** Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 20 kV

NSDD (mg/cm2)	Arus Bocor (mA)	
	Tanpa Silikon	Dengan Silikon
0	7.36072842	7.236237
0.011	8.32326566	8.138693
0.022	9.935199152	8.915407
0.045	10.02552684	9.073222
0.067	10.75342766	9.548954
0.089	11.43380453	9.720423
0.134	11.67095571	10.548093



**Gambar 4.18** Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 20 kV

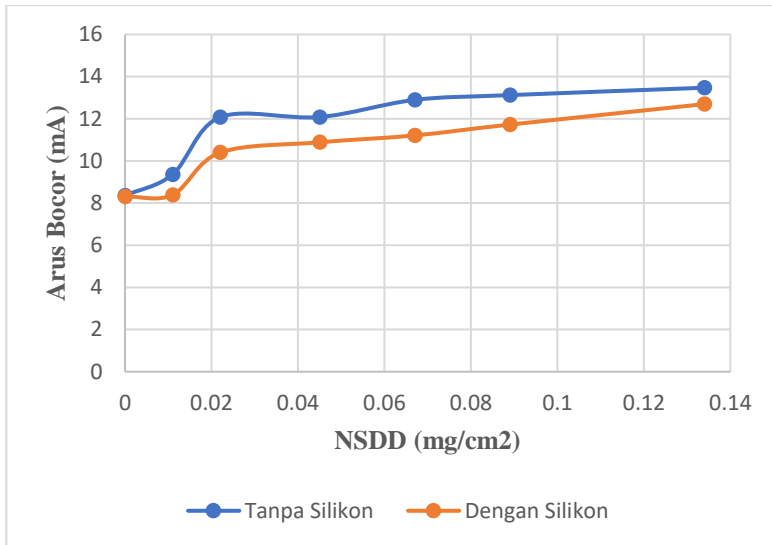


#### 4.3.5 Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 25 kV

Hasil perbandingan arus bocor isolator tanpa pelapisan silikon dengan isolator yang dilapisi silikon pada tegangan 25 kV dapat dilihat pada Tabel 4.23 dan grafik pada Gambar 4.19. Pada Gambar 4.19 terlihat bahwa grafik isolator dengan silikon memiliki nilai arus bocor yang lebih kecil dibandingkan dengan grafik isolator tanpa silikon pada tingkatan NSDD yang sama. Pada Tabel 4.23, isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.022 mg/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor sebesar 10.4 mA. Sedangkan isolator tanpa silikon dengan NSDD yang sama menghasilkan nilai arus bocor yang lebih yaitu sebesar 12.1 mA. Perbandingan nilai arus bocor pada NSDD yang sama menghasilkan kesimpulan bahwa isolator dengan pelapisan silikon memiliki nilai arus bocor yang lebih kecil dibandingkan dengan isolator tanpa silikon. Sehingga pelapisan silikon berguna untuk mengurangi arus bocor pada isolator.

**Tabel 4.23** Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 25 kV

NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )	Arus Bocor (mA)	
	Tanpa Silikon	Dengan Silikon
0	8.35564058	8.310436
0.011	9.36018795	8.390196
0.022	12.07332576	10.396539
0.045	12.08090141	10.883671
0.067	12.89550239	11.209999
0.089	13.12230753	11.723305
0.134	13.47207428	12.695728



**Gambar 4.19** Grafik Perbandingan Arus Bocor Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Isolator yang Dilapisi Silikon Pada Tegangan 25 kV

#### 4.4 Pengujian *Flashover* dengan Kelembaban 50%

Pengujian tegangan *flashover* dilakukan sesuai standar pengujian ASTM D-149 dengan menggunakan metode *short time test*. Kelembaban 50% merupakan kelembaban didalam lemari uji tanpa adanya prekondisi suhu dan kelembaban. Hal ini dilakukan karna kelembaban akan mempengaruhi konduktifitas permukaan isolator [6]. Ketika isolator diberi tegangan, akan ada arus bocor yang melewati permukaan isolator dan dalam rentan waktu yang cukup lama maka akan muncul busur api dan dapat menimbulkan *flashover*. Namun pada pengujian ini, dikarenakan modul rangkaian pembangkitan yang tersedia di Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro ITS hanya terbatas hingga tegangan 100kV dan ketika isolator uji diberi tegangan hingga 90 kV belum juga menunjukkan adanya fenomena *flashover*. Sehingga data yang didapatkan berupa perbedaan kenaikan arus bocor yang jelas terlihat dengan *range* tegangan uji hingga 80 kV.

#### 4.4.1 Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon

Pada pengujian ini isolator tanpa pelapisan silikon diberikan dua variabel bobot polutan yaitu isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> dan isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup>. Hasil Pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan grafik pada Gambar 4.8. Ketika tegangan dinaikkan mencapai 40 kV, didapatkan arus bocor sebesar 18.169 mA pada isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada tegangan yang sama, isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor yang lebih besar yaitu sebesar 19.042 mA. Pada level tegangan yang lebih tinggi yaitu 60 kV, arus bocor juga meningkat dengan nilai arus bocor sebesar 27.259 mA pada isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> sedangkan isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor sebesar 26.564 mA. Ketika tegangan dinaikkan menjadi 80 kV, arus bocor pada isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> akan meningkat menjadi 36.086 mA, sedangkan pada isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> akan menghasilkan arus bocor dengan nilai sebesar 37.225 mA. Dari hasil tersebut, isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> akan selalu menghasilkan arus bocor yang lebih besar dibandingkan isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> pada level tegangan yang sama.

Tabel 4.24 Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 50%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)	
	NSDD 0.022 g/cm <sup>2</sup>	NSDD 0.067 g/cm <sup>2</sup>
40	18.169	19.042
60	26.564	27.259
80	36.086	37.225

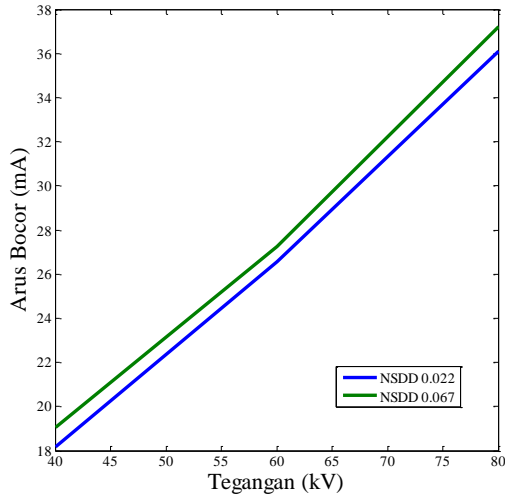
#### 4.4.2 Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada Isolator dengan Pelapisan Silikon

Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu isolator dilapisi dengan pasta silikon. Pelapisan silikon dilakukan dengan menggunakan kain lap yang kemudian silikon tersebut diratakan pelapisannya pada permukaan isolator keramik yang diuji. Setelah ditunggu beberapa saat

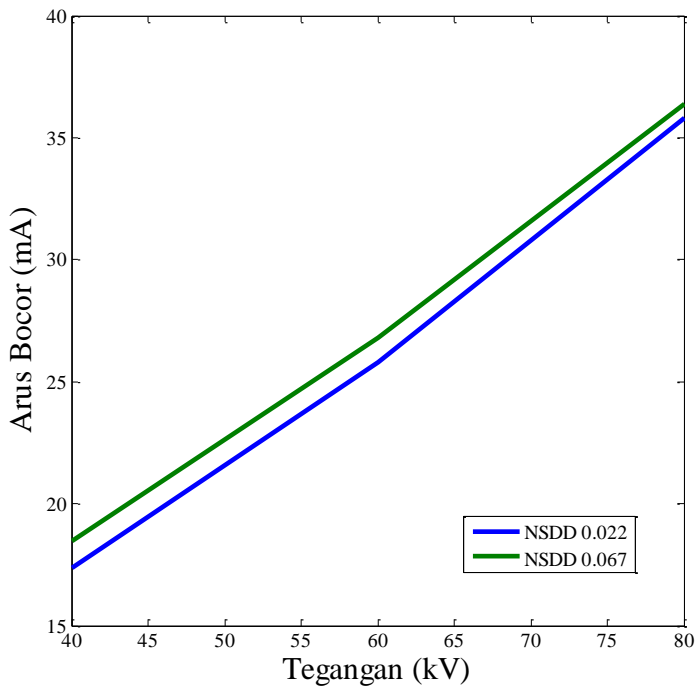
agar silikon yang dilapisi pada permukaan isolator kering, barulah isolator diberikan polutan *fly ash* Paiton dengan bobot NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> dan 0.067 g/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.9. Pada tegangan 40 kV, Isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor sebesar 17.389 mA. Sedangkan pada isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor yang lebih besar yaitu 18.462 mA. Pada level tegangan lain, isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> selalu menghasilkan arus bocor yang lebih besar dibandingkan isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup>.

**Tabel 4.25** Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada Isolator Dilapisi Silikon dengan Kelembaban 50%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)	
	NSDD 0.022 g/cm <sup>2</sup>	NSDD 0.067 g/cm <sup>2</sup>
40	17.389	18.462
60	25.823	26.806
80	35.796	36.393



**Gambar 4.20** Grafik Perbedaan Hasil Pengujian *Flashover* Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 50%



**Gambar 4.21** Grafik Perbedaan Hasil Pengujian *Flashover* Pada Isolator Dilapisi Silikon dengan Kelembaban 50%

#### 4.5 Pengujian *Flashover* dengan Kelembaban 80%

Keadaan udara di dalam lemari uji (*chamber*) di naikan kelembabannya menggunakan tabung kompresor air yang dihubungkan dengan lemari uji. Setelah ditunggu selama 30 menit, kemudian isolator yang akan diuji kemudian dimasukkan kedalam lemari uji. Isolator yang diuji divariasikan yaitu isolator dengan pelapisan silikon dan isolator tanpa pelapisan silikon. Selain itu isolator juga diberikan polutan *fly ash* Paiton dengan bobot 50 gram dan 150 gram. Kemudian dihitung nilai NSDD-nya dan didapatkan nilai NSDD sebesar 0.022 g/cm<sup>2</sup> dan 0.067 g/cm<sup>2</sup>.

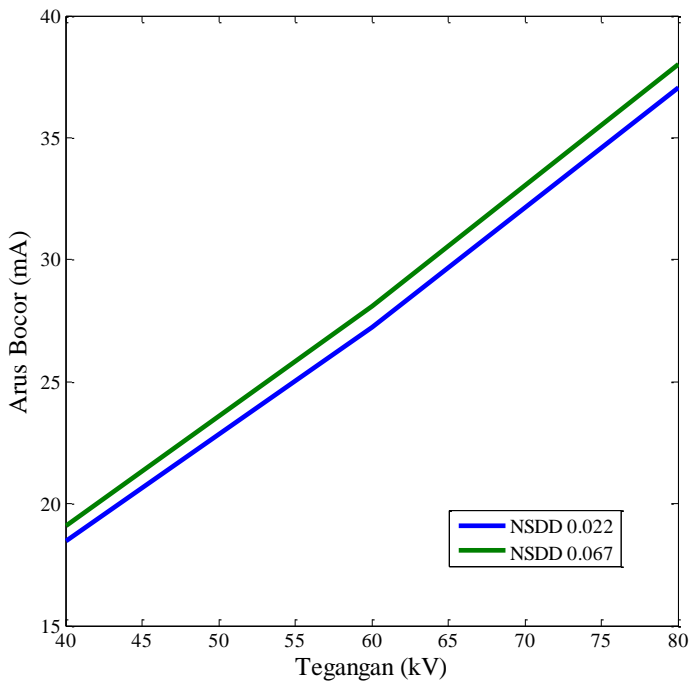
#### 4.5.1 Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada

##### Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80%

Setelah melakukan prekondisi pada lemari uji agar kelembaban mencapai 80% kemudian dilakukan pengujian *flashover* pada isolator tanpa pelapisan senyawa silikon. Terdapat dua variasi pada pengujian isolator tanpa pelapisan silikon ini. Pertama isolator dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> yang mengandung berat polutan *fly ash* Paiton sebesar 50 gram dan isolator dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> yang mengandung berat *fly ash* Paiton sebesar 150 gram. Kemudian hasil dari pengujian tersebut dibandingkan keduanya. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.26 serta grafik pada Gambar 4.10. Dapat dilihat pada tabel bahwa pada tegangan 40 kV, arus bocor pada isolator tanpa pelapisan silikon dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> sebesar 18.456 mA. Sedangkan arus bocor pada isolator tanpa pelapisan silikon dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> memiliki nilai yang lebih besar yaitu sebesar 19.084 mA. Ketika tegangan dinaikkan, kedua isolator dengan NSDD yang berbeda memiliki nilai arus bocor yang meningkat pula. Namun isolator tanpa pelapisan silikon dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> selalu memiliki nilai arus bocor yang lebih tinggi pada level tegangan yang sama.

**Tabel 4.26** Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)	
	NSDD 0.022 g/cm <sup>2</sup>	NSDD 0.067 g/cm <sup>2</sup>
40	18.456	19.084
60	27.216	28.107
80	37.034	38.017



**Gambar 4.22** Grafik Perbedaan Hasil Pengujian *Flashover* Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80%

#### 4.5.2 Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada

##### Isolator dengan Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80%

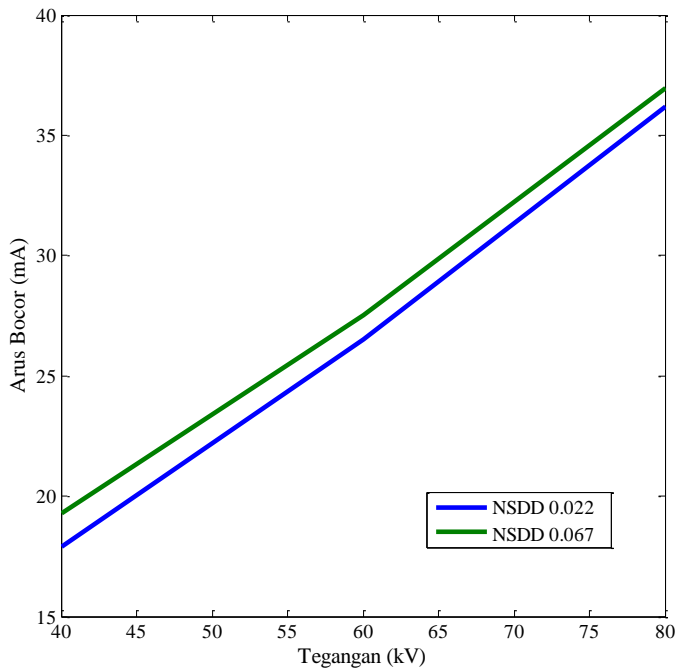
Pada pengujian *flashover* berikutnya, isolator yang diuji terlebih dahulu dilapisi dengan pasta silikon menggunakan kain lap yang kemudian diratakan di seluruh permukaan isolator. Kemudian isolator diberi polutan *fly ash* Paiton dengan variasi bobot polutan 50 gram dan 150 gram. Masing-masing bobot polutan tersebut menghasilkan nilai NSDD sebesar 0.022 g/cm<sup>2</sup> dan 0.067 g/cm<sup>2</sup>. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan grafik pada Gambar 4.23. Pada level tegangan 40 kV, isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup>

menghasilkan arus bocor sebesar 17.904 mA. Sedangkan pada isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> menghasilkan arus bocor yang lebih besar yaitu 19.297 mA. Pada level tegangan 60 kV, nilai arus bocor kedua isolator dengan NSDD tersebut meningkat. Isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> memiliki nilai arus bocor sebesar 26.536 mA sedangkan isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> memiliki nilai arus bocor yang lebih besar yaitu 27.525 mA. Pada level tegangan 80 kV arus bocor nya meningkat menjadi sekitar 36 kV. Arus bocor pada isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.022 g/cm<sup>2</sup> meningkat menjadi 36.211 mA sedangkan isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.067 g/cm<sup>2</sup> nilai arus bocor nya lebih besar yaitu sebesar 36.948 mA. Isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD yang lebih besar memiliki nilai arus bocor yang lebih besar pula dibandingkan dengan isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD yang lebih kecil.

**Tabel 4.27** Pengaruh NSDD Terhadap Pengujian *Flashover* Pada Isolator Tanpa Pelapisan Silikon dengan Kelembaban 80%

Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)	
	NSDD 0.022 g/cm <sup>2</sup>	NSDD 0.067 g/cm <sup>2</sup>
40	17.904	19.297
60	26.536	27.525
80	36.211	36.948





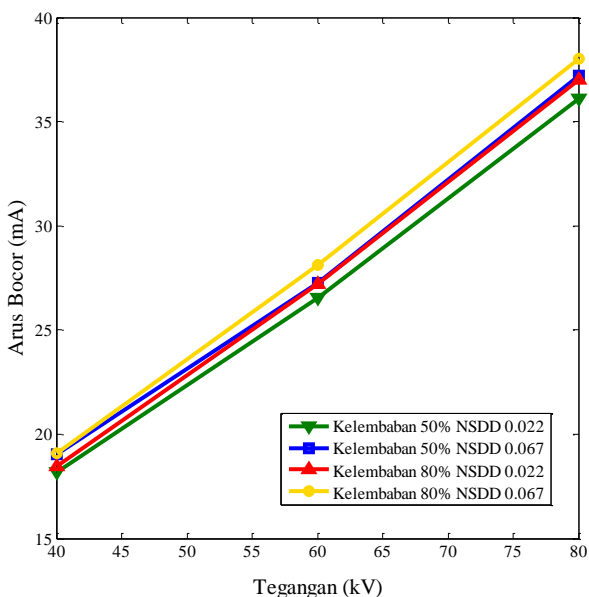
**Gambar 4.23** Grafik Perbedaan Hasil Pengujian Flashover Pada Isolator yang Dilapisi Silikon dengan Kelembaban 80%

#### 4.6 Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian *Flashover* Isolator

Pengujian *flashover* isolator dibagi menjadi dua keadaan yaitu keadaan dengan kelembaban 50% dan kelembaban 80%. Hal ini dilakukan karna kelembaban akan mempengaruhi konduktifitas permukaan isolator. Ketika isolator diberi tegangan, akan ada arus bocor yang melewati permukaan isolator dan dalam rentan waktu yang cukup lama maka akan muncul busur api dan dapat menimbulkan *flashover*.

#### 4.6.1 Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian *Flashover* Isolator Tanpa Pelapisan Silikon

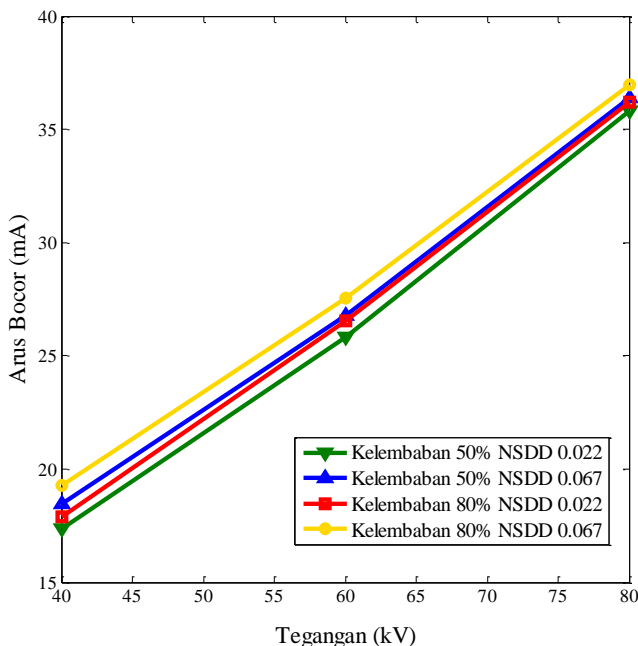
Setelah dilakukan kedua pengujian *flashover* pada kelembaban 50% dan kelembaban 80%, kemudian dibandingkan hasil keduanya agar diketahui pengaruh kelembaban terhadap pengujian *flashover* isolator tanpa pelapisan silikon. Hasilnya dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.24. Pada grafik tersebut terlihat bahwa arus bocor yang paling besar dihasilkan oleh isolator tanpa pelapisan silikon dengan NSDD 0.067 dengan kelembaban 80%. Selanjutnya adalah isolator dengan NSDD 0.067 dengan kelembaban 50%. Lalu disusul oleh isolator dengan NSDD 0.022 pada kelembaban 80%. Dan yang terakhir adalah isolator dengan NSDD 0.022 dengan kelembaban 50%. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban 80% akan menghasilkan arus bocor yang lebih besar pada tingkat NSDD yang sama.



**Gambar 4.24** Grafik Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian *Flashover* Isolator Tanpa Pelapisan Silikon

#### 4.6.2 Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian *Flashover* Isolator dengan Pelapisan Silikon

Berikutnya dibandingkan hasil pengujian *flashover* isolator dengan pelapisan silikon pada kelembaban yang berbeda. Kelembaban yang dibandingkan adalah kelembaban 50% dan kelembaban 80%. Perbandingan tersebut tersaji dalam grafik pada Gambar 4.25. Arus bocor terbesar dihasilkan oleh isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.067 pada kelembaban 80%. Kemudian dibawahnya adalah isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.067 pada kelembaban 50%. Selanjutnya adalah isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.022 pada kelembaban 80%. Dan yang terakhir adalah isolator yang dilapisi silikon dengan NSDD 0.022 pada kelembaban 50%.



**Gambar 4.25** Grafik Perbandingan Pengaruh Kelembaban Terhadap Pengujian *Flashover* Isolator dengan Pelapisan Silikon

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar nilai tegangan uji yang diberikan pada isolator maka semakin besar pula arus bocor yang melewati permukaan isolator. Sesuai dengan rumus  $V=I.R$  dimana isolator sebagai resistansi  $R$  yang bernilai tetap, tegangan  $V$  adalah tegangan uji yang diberikan pada isolator dan arus  $I$  adalah arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator. Sehingga apabila tegangan  $V$  dinaikkan maka arus  $I$  juga akan naik.
2. NSDD atau bobot polutan memiliki pengaruh yang paling besar terhadap pengujian arus bocor isolator. Semakin besar NSDD maka akan semakin besar pula arus bocor pada permukaan isolator.
3. Pelapisan silikon pada permukaan isolator dapat membuat arus bocor pada permukaan isolator menjadi lebih kecil. Pengaruh pelapisan silikon ini akan memperkecil nilai arus bocor isolator pada tingkat NSDD yang sama.
4. Kelembaban 80% menghasilkan arus bocor yang lebih besar dibandingkan dengan kelembaban 50%. Hal ini karena kelembaban yang lebih tinggi akan membuat permukaan isolator menjadi lebih konduktif.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengujian selanjutnya yang berkaitan dengan pengujian isolator bisa divariasikan dengan jenis isolator lain ataupun dengan polutan lain. Selain itu pada pengujian ini isolator belum mengalami *flashover* dikarenakan keterbatasan peralatan pembangkitan tegangan tinggi AC di Laboratorium Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro ITS sehingga untuk pengujian selanjutnya, bisa dilakukan akselerasi umur isolator sebelum pengujian *flashover*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Subekti, "*Analisis Proporsi Limbah Fly Ash Paiton dan Tjiwi Kimia Terhadap Kuat Tekan Pasta Geopolimer*," presented at the Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATWP), Surabaya, 2012.
- [2] Sawarno, P. M. Pakpahan, E. Jauhari, and Wahyun, "*Aging of silicone compound coatings on ceramic insulators under artificial tropical climate*," 1999, vol. 2, pp. 678–681.
- [3] I. M. Y. Negara, *Teknik Tegangan Tinggi Prinsip dan Aplikasi Praktis*, 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [4] B. L. Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi*, Edisi Kedua. Medan, Indonesia: Erlangga, 2012.
- [5] "Product Data Sheet SAEKA Cleaning Paste 80.750." .
- [6] M. Suyanto, "*Akibat Penumpukan Kontaminasi Udara Di Permukaan Isolator Pada Saluran Distribusi 20 kV Dapat Mengakibatkan Rugi Daya Listrik*," presented at the Seminar Electrical, Informatics, and Its Education, Yogyakarta, 2011.
- [7] Suwarno, "*Silicone compound coating on ceramics insulators under various environmental conditions*," 2003, vol. 3, pp. 1015–1018.
- [8] Suwarno and F. Pratomosiw, "*Application of RTV Silicone Rubber coating for improving performances of ceramic outdoor insulator under polluted condition*," 2009, pp. 581–587.
- [9] Suwarno, A. Basuki, F. Lendy, and Sumedi, "*Improving Outdoor Insulator Performances Installed at Coastal Area Using Silicone Rubber Coating*," 2012, pp. 1143–1146.
- [10] A. Ashari, A. Syakur, and B. Winardi, "*Analisa Pengaruh Kontaminan Pantai Terhadap Unjuk Kerja Sampel Isolator Bahan Keramik Sebelum dan Sesudah Dilapisi Minyak Silikon*," Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [11] A. Kusumaningrum, "*Analisis Akselerasi Umur Isolator Polimer 20kV Akibat Pengaruh Kontaminan Berdasarkan Pengukuran Arus Bocor*," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## LAMPIRAN



## ANALYTICAL REPORT

JOB NUMBER : ENV-2171117

Date : August 18, 2017

Customer:

**PT. PJB UBJOM PAITON 9**

*Attention : Mrs. Ery Ira Kusuma*

Signature

Name : Abdul Majid

Title : Laboratory Supervisor



2171117 PT PJB UP Paiton Unit 9-TCLP

PT. ENVILAB INDONESIA

[www.envilab-id.com](http://www.envilab-id.com)

Dilarang menyalin, memotik, atau menggunakan isi laporan ini tanpa izin dari PT. EnviLab Indonesia.  
It is prohibited to make the content of this report without PT. EnviLab Indonesia's approval.

Manyar Mas Karimun Industrial Business Park No 8-35 Jl. Raya Manyar KM 11 Kec. Manyar Kab. Gresik Jawa Timur 61151.  
Telp. (031) 9900825, 9900833 Fax. (031) 9900834 E-mail : [info@envilab-id.com](mailto:info@envilab-id.com)



LABORATORY TEST RESULT					
JOB NUMBER: ENV-2171117			Date : August 18, 2017		
Customer : PT. PJB UBJOM PAITON 8			Attention: Mrs. Ery Ira Kusuma		
Customer Sample ID :		Fly Ash II		Laboratory Sample ID : 2171117-34	
Location Coordinate :		-		Date Received : 28/07/2017	
Date Sampled :		27/07/2017		Time Received : 08.00	
Time Sampled :		10:35		Interval Analysis : 28Jul - 16Aug	
Sample Matrix :		Ash			
NO.	TEST DESCRIPTION	RESULT	REGULATORY LIMIT*	UNIT	METHOD
1	ANORGANIC PARAMETERS	46.96	-	%	Gravimetri
2	SiO <sub>2</sub>	2.13	-	%	ASTM 6349 - 09
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.02	-	%	ASTM 6349 - 09
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.31	-	%	ASTM 6349 - 09
5	CaO	0.09	-	%	ASTM 6349 - 10
6	Na <sub>2</sub> O	0.10	-	%	ASTM 6349 - 09
7	K <sub>2</sub> O	3.35	-	%	ASTM 6349 - 09
8	MgO	2.77	-	%	Gravimetri
9	SO <sub>4</sub>	1.30	-	%	Gravimetri

\*As per request

LABORATORY TEST RESULT					
JOB NUMBER: ENV-2171117			Date : August 18, 2017		
Customer : PT. PJB UBJOM PAITON 9			Attention: Mrs. Ery Ira Kusuma		
Customer Sample ID :		Bottom Ash II		Laboratory Sample ID : 2171117-35	
Location Coordinate :		-		Date Received : 28/07/2017	
Date Sampled :		27/07/2017		Time Received : 08.00	
Time Sampled :		10.40		Interval Analysis : 28Jul - 16Aug	
Sample Matrix :		Ash			
NO.	TEST DESCRIPTION	RESULT	REGULATORY LIMIT*	UNIT	METHOD
1	ANORGANIC PARAMETERS	51.74	-	%	Gravimetri
2	SiO <sub>2</sub>	4.26	-	%	ASTM 6349 - 09
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.14	-	%	ASTM 6349 - 09
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.04	-	%	ASTM 6349 - 09
5	CaO	0.10	-	%	ASTM 6349 - 10
6	Na <sub>2</sub> O	0.17	-	%	ASTM 6349 - 09
7	K <sub>2</sub> O	4.82	-	%	ASTM 6349 - 09
8	MgO	1.05	-	%	Gravimetri
9	SO <sub>4</sub>	5.71	-	%	Gravimetri

\*As per request

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



**Mirza Farhan Prasetyo** dilahirkan di Jakarta, 9 Agustus 1996. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Islam Muslimat Jakarta. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama-nya di SMPN 45 Jakarta. Lalu melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 78 Jakarta. Hingga buku ini selesai dibuat, penulis merupakan mahasiswa S1 di Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa diantaranya menjadi staff departemen pengabdian masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATEKTRO) 2015/2016. Selain itu juga aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat seperti menjadi *steering committee* pada kegiatan FTI (Fakultas Teknologi Industri) ITS Social Village Project.